

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2018**

**Bc. Lukáš Vaněk**

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Analýza spolehlivosti prvků distribuční sítě**  
***Reliability analysis of electrical distribution network***  
***components***

**2018**

**Bc. Lukáš Vaněk**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Vaněk**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: **Analýza spolehlivosti prvků distribuční sítě**  
**Reliability analysis of electrical distribution network components**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

- o Popis elektrických distribučních sítí
- o Teoretický rozbor výpočtu spolehlivosti elektrických sítí a jejich prvků
- o Současná legislativa
- o Popis stávajícího stavu konkrétních dat
- o Vývoj spolehlivostních parametrů a srovnání s metodikou ČEZ 22/80
- o Analýza vlivu dlouho trvajících výpadků na tyto parametry
- o Analýza příčin poruch
- o Závěr

### Seznam doporučené odborné literatury:


- o Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení, VŠB - TU Ostrava, ISBN 987-80-7225-291-6
- o Rusek, S.: Spolehlivost elektrických sítí, VŠB - TU Ostrava, ISBN 80-7078-847-X
- o Tůma, J., Rusek, S., Martínek, Z., Chemišinec, I., Goňo, R.: Spolehlivost v elektroenergetice. ČVUT Praha, 2006, ISBN 80-239-6483-6
- o Vyhláška č. 540/2005 Sb o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice
- o Pravidla provozování distribučních soustav, příloha č. 2
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 15. 4. 2018



.....  
Lukáš Vaněk

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za cenné rady z hlediska spolehlivostní analýzy.

Dále bych rád poděkoval svému otci Ing. Romanu Vaňkovi, Ph.D. za odbornou konzultaci v oblasti řízení distribuční soustavy.

## **Abstrakt**

Cíl této diplomové práce je analýza spolehlivosti prvků distribuční sítě. Jako vstupní data byla použita devítiletá databáze poruch.

V teoretické části popisuji elektrickou distribuční soustavu se zaměřením na její prvky.

V praktické části se zabývám samotnou analýzou spolehlivosti prvků.

Součástí práce je přehled aktuální legislativy, která souvisí s mým tématem.

## **Klíčová Slova**

Distribuční soustava, spolehlivost, porucha, databáze, přerušení dodávky elektrické energie.

## **Abstract**

The goal of this thesis is the analyse of the reliability of (electrical) parts in distribution network. As an input data I used databases of faults, which were taken for 9 years.

In the theoretical part I am going to describe electrical distributional networks with concentration on its parts.

In the practical part I am going to analyse reliability of these parts.

Part of this theses also describe overview of valid law, which relates to my topic.

## **Key Words**

Distribution network, reliability, fault, database, interruption of electricity supply

## Použité zkratky

AlFe	Hliníkový vodič s ocelovým nosným jádrem
ČR	Česká republika
DOÚ	Dálkově ovládaný úsečník
DS	Distribuční soustava
DS	Distribuční soustava
DTS	Distribuční trafostanice
ERÚ	Energetický regulační úřad
EZ	Elektrické zařízení
HDS	Hlavní domovní skříň
HV	Hlavní vazba
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
nn	Nízké napětí
OZ	Opětovné zapnutí
PDS	Provozovatel distribuční soustavy
PPDS	Pravidla provozování distribučních soustav
PPPS	Pravidla provozování přenosové soustav
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
PS	Přenosová soustava
PTN	Přístrojový transformátor napětí
PTP	Přístrojový transformátor proudu
ŘPÚ	Řád pravidelné údržby
shunting	Přizemnění fáze se zemním spojením
SV	Slabá vazba
vn	Vysoké napětí
vvn	Velmi vysoké napětí
zvn	Zvlášť vysoké napětí

## Obsah

<b>1.</b>	<b><i>Úvod .....</i></b>	<b><i>1</i></b>
<b>2.</b>	<b><i>Popis elektrických distribučních sítí .....</i></b>	<b><i>2</i></b>
2.1.	Způsoby zapojení sítí.....	3
2.2.	Napěťové hladiny sítí (sdružená napětí).....	5
2.3.	Zapojení uzemnění sítí .....	6
2.4.	Přístroje distribuční sítě .....	10
<b>3.</b>	<b><i>Teoretický rozbor výpočtu spolehlivosti elektrických sítí a jejich prvků.....</i></b>	<b><i>16</i></b>
3.1.	Základní pojmy .....	16
3.2.	Členění vstupních údajů pro výpočet spolehlivosti sítí.....	17
<b>4.</b>	<b><i>Současná legislativa .....</i></b>	<b><i>18</i></b>
4.1.	Pravidla provozování distribučních soustav (PPDS), 2016 .....	19
<b>5.</b>	<b><i>Popis stávajícího stavu konkrétních dat .....</i></b>	<b><i>21</i></b>
5.1.	Pasportizace zařízení.....	23
5.2.	Číselník t_c8 .....	24
5.3.	Chyby v databázích .....	24
<b>6.</b>	<b><i>Vývoj spolehlivostních parametrů.....</i></b>	<b><i>26</i></b>
6.1.	Výpočet délky poruchy.....	26
6.2.	Výpočet spolehlivostních parametrů .....	26
6.3.	Výsledné spolehlivostní parametry.....	28
6.4.	Srovnání s metodikou 22/80 ČEZ .....	31
<b>7.</b>	<b><i>Analýza vlivu dlouho trvajících výpadků na tyto parametry.....</i></b>	<b><i>32</i></b>
7.1.	Doba přerušení delší než 3 minuty.....	32
7.2.	Doba poruchy delší než 24 hodin .....	36
7.3.	Doba poruchy delší než měsíc.....	39
<b>8.</b>	<b><i>Analýza příčin poruch .....</i></b>	<b><i>42</i></b>
8.1.	Analýza příčin poruch venkovního vedení vn .....	43
8.2.	Analýza příčin poruch venkovního vedení vvn.....	48
<b>9.</b>	<b><i>Závěr.....</i></b>	<b><i>49</i></b>
	<b><i>Literatura .....</i></b>	<b><i>50</i></b>



<i><b>Seznam obrázků .....</b></i>	<i><b>52</b></i>
<i><b>Seznam tabulek .....</b></i>	<i><b>53</b></i>

## 1. Úvod

Elektrizační soustava je páteří součástí infrastruktury státu. Na elektřině je závislé vše, na co si vzpomeneme. Potřebujeme ji na vaření, vytápění, v průmyslu, lékařství atd. I v případě vytápění pomocí plynu je elektřina nutná pro řízení kotle a pro oběhová čerpadla. Plynulost dodávky elektrické energie je klíčovým parametrem její kvality.

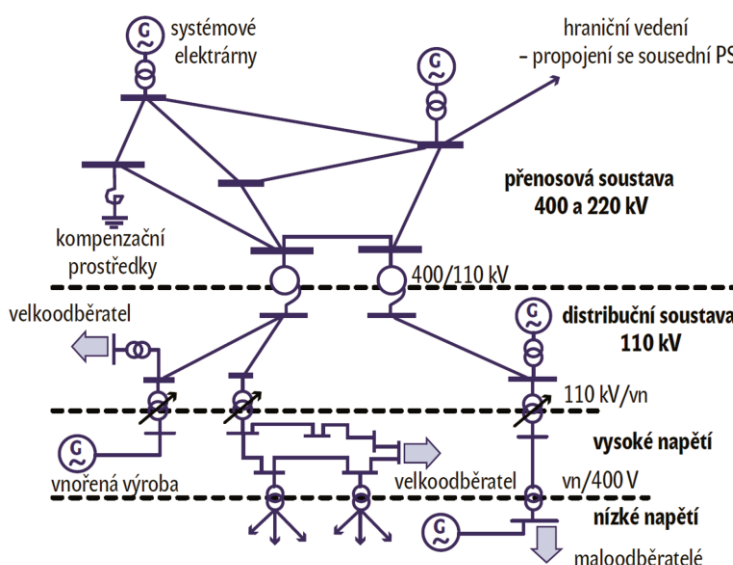
Základní podmínkou funkčnosti elektrizační soustavy je rovnováha mezi výrobou a spotřebou elektřiny. Elektrická energie se přenáší přenosovou a distribuční soustavou. Investice provozovatele distribuční soustavy směřují ke zvýšení spolehlivosti zařízení. Se spolehlivostí zařízení souvisí vyhodnocování poruchovosti jednotlivých prvků. Tato práce se zabývá spolehlivostí prvků distribuční soustavy.

## 2. Popis elektrických distribučních sítí

Distribuční soustava je soustava, která napájí elektrickou energií koncové zákazníky. Distribuční soustava je napájena přenosovou soustavou, nebo přímo menšími elektrárnami.

Nejvýznamnější prvky distribuční soustavy jsou elektrická vedení a elektrické stanice. Schéma celé elektrizační soustavy vidíme na **Obr. 1**.

Napěťové hladiny používané v České republice pro distribuční soustavu jsou 110 kV, 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV a 0,4 kV. Sítě 10 kV a 6 kV se postupně nahrazují vyšší hladinou 22 kV, a to z důvodu menšího protékajícího proudu při stejném přenášeném výkonu. Zvyšování napěťových hladin se provádí v celé elektrizační soustavě i z toho důvodu, že nyní jsou daleko vyšší požadavky na dodávaný výkon než při její stavbě, a tím se zvýšil i protékající proud.



Obr. 1 Uspořádání elektrizační soustavy [1]

### Elektrické stanice

Jedná se o soubor staveb a zařízení elektrizační soustavy zajišťující transformaci, kompenzaci, přeměnu nebo přenos a distribuci elektrické energie. [1]

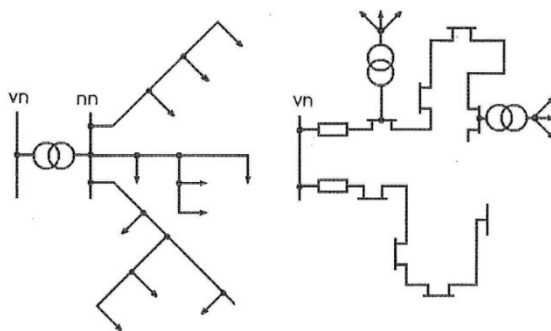
### Přenosová soustava

Nadřazenou soustavou distribuční je přenosová soustava. Přenosová soustava přenáší elektrickou energii nejvyššího napětí 220 kV a 400 kV. Přenosová soustava je napájena buď z elektráren přes blokové transformátory, nebo ze soustavy sousedních států.

## 2.1. Způsoby zapojení sítí

### Sít' paprsková radiální

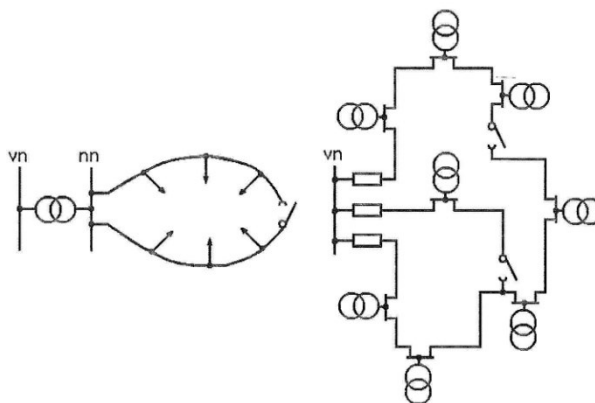
Vedení spojuje transformovnu s jednotlivými odběry. Každý paprsek je samostatný a s ostatními se nesmí spojovat. Jde o nejlevnější, ale o nejméně spolehlivý způsob zapojení, jelikož paprsky nejsou zálohované. Použití paprskové sítě najdeme jen v oblastech s nízkou prioritou dodávky elektrické energie (malá města, vesnice). [2]



Obr. 2 Paprsková síť nn a vn [2]

### Sít' okružní

Ve spínacích trafostanicích lze jednotlivé polosmyčky sepnout, ale většinou se provozují rozepnuté v podobě paprskové sítě. Jsou dražší než paprskové kvůli větší délce potřebného vedení. Z provozního hlediska jsou okružní sítě spolehlivější, a to z důvodu možnosti napájení z druhé strany.



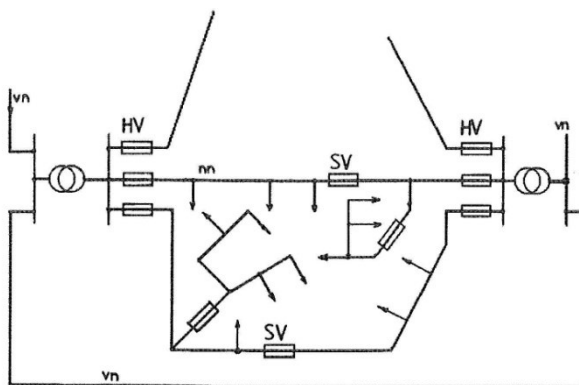
Obr. 3 Okružní síť nn a vn [2]

## Síť mřížová zjednodušená

Je to okružní síť, která je sepnutá. Vadný úsek by se měl selektivně odpojit pojistkami a zbytek bezporuchové sítě musí zůstat v provozu. Tato síť je k tomu účelu sestavena a jištěna.

Vytvoření zjednodušené mřížové sítě spočívá ve spolupráci alespoň dvou transformátorů. Tyto transformátory jsou spojeny hlavním vedením s větším průřezem a jsou jištěny výkonovými pojistkami.

Pojistky slabé vazby jsou v místě kritického průřezu a odpojí poruchový úsek před hlavními pojistkami. Jmenovitý proud pojistek hlavní vazby je dvojnásobný oproti pojistkám slabé vazby.



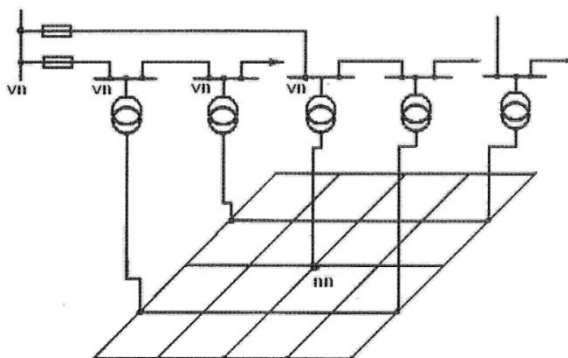
Obr. 4 Mřížová zjednodušená síť [2]

## Síť mřížová klasická

Napájí třemi až pěti vn napáječi větší města s hustotou  $\sigma = 1 \text{ MW/km}^2$ . Velké výhody spočívají v provozní jistotě, menších ztrátách, lepším využití transformátorů a menším kolísáním napětí. Síť je proto napěťově tvrdší.

Nejčastější provedení bývá kabelové vedení nn, kde mají kabely stejný průřez a jsou v každé ulici. V místech křížení kabelů se spojují pomalými pojistkami.

Nevýhodou mřížových sítí jsou vyšší zkratové proudy, na které musí být zařízení navrženo.



Obr. 5 Mřížová klasická síť [2]

## **2.2.Napět'ové hladiny sítí (sdružená napětí)**

- zvn 300 kV až 800 kV
- vvn 52 kV až 300 kV
- vn 1 kV až 52 kV
- nn 50 V až 1000 V

### **Vedení zvn**

Vedení zvn propojuje elektrárny a rozvodny PS nebo soustavy sousedních států. Mezi napět'ovými hladinami jsou instalovány regulační transformátory, napájející vvn část přenosových rozvodů.

### **Vedení vvn**

Vedení vvn propojuje vvn část přenosových rozvodů s místy s velkou koncentrací odběru a přenáší velké výkony. Délky těchto vedení se pohybují v řádech desítek kilometrů. Vodiče tvoří holá ocelohliníková lana AlFe, bývají dvojité a provozují se jako okružní. [1]

### **Vedení vn**

Vedení vn přenáší elektrickou energii do center její spotřeby (Obce, města, velkoodběratelé). Jsou kratší než vedení vvn, ale sítě vn jsou mnohem hustější. Bývají kabelová i venkovní. U venkovního vedení vn se využívají holé vodiče, jednoduché izolované vodiče a slané závěsné kabely. Sít' se nejčastěji provozuje jako paprsková. [1]

### **Vedení nn**

Napájí přímo maloodběratele, jako jsou jednotlivé domy a menší firmy.

Vedení nn se provozují jako paprskové, okružní, i mřížové.

Tab. 1 Porovnání sítí nn [1]

Vlastnosti	Klasická mřížová síť	Zjednodušená mřížová síť	Paprsková síť
pravděpodobnost výpadku	1	4-5 krát vyšší	9000 krát vyšší
jistota zásobování	největší	větší	malá
kolísání napětí úbytek $\Delta U$	stabilní U nejmenší $\Delta U$	střední stabilita U $\frac{1}{2} \Delta U$ než paprskové	nestabilní U velký $\Delta U$
využití transformátoru a vedení	30% $S_n$ nejlepší	střední	malé využití nestejnoměrné zatěžování
zkratové proudy	nejvyšší	střední	nejnižší
poruchy v síti vn	neovlivní napájení	výpadek U	výpadek U
poruchy v síti nn	neovlivní napájení	neovlivní napájení	výpadek U

### 2.3.Zapojení uzemnění sítí

Každá napěťová hladina má své typické zapojení, které se nejčastěji používá. Jednotlivé způsoby zapojení budou rozvedeny v následujících odstavcích.

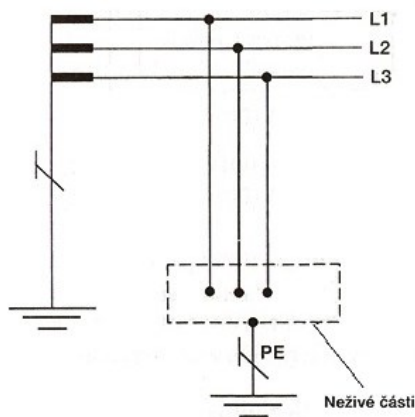
Sítě se označují kódem podle způsobu spojení se zemí. V kódu jsou dvě nebo čtyři písmena.

- 1. Písmeno – Vztah sítě a uzemnění
  - T – Spojení sítě se zemí v jednom bodě – v uzlu transformátoru.
  - I – Oddělení sítě od země, nebo je se zemí spojena přes velkou impedanci.
- 2. Písmeno – Vztah neživých částí elektrického zařízení a uzemnění
  - N – Spojení neživých částí EZ přímo na uzemněný bod sítě.
  - T – Každé EZ má vlastní, nebo skupinové uzemnění, a tím je nepřímě spojené s uzemněním sítě.
- 3. a 4. písmeno – Uspořádání středního a ochranného vodiče (není povinné)
  - S – Ochranný vodič PE a střední vodič N jsou vedeny odděleně.
  - C – Ochranný vodič PE a střední vodič N jsou sloučeny do jednoho vodiče PEN. [3]

## Sít' TT pro vvn

S definováním jednotlivých typů soustav dle zapojení začnu od nejvyšší hodnoty napětí distribuční soustavy, a to 110 kV.

Sít' TT má uzel sekundárního vinutí transformátoru (220 kV/110 kV, 400 kV/110 kV) přímo uzemněn. Také spotřebiče v této síti, kterými jsou transformátory 110 kV/vn, mají střed primárního vinutí přímo uzemněn.



Obr. 6 Schéma zapojení sítě TT 110 kV

V nejvyšším bodě vedení 110 kV se nachází zemnicí lano, které neslouží, jako nulový vodič, ale pouze jako ochrana vedení před bleskem a pro komunikaci. Uvnitř zemnicího lana je skleněné vlákno, které je určeno pro komunikaci přístrojů v síti (ochrany, vypínače, odpínače atd.). Zemnicí lano není spojeno se sekundárním uzlem transformátoru, ale má vlastní uzemnění.

Nulovým vodičem v sítích TT na hladině 110 kV je země.

Toto zapojení se využívá z důvodu, aby jakákoliv porucha byla zkrat, a byla pomocí ochrany a výkonových vypínačů ihned vypnuta.

### Zkrat

Zkrat je elektromagnetický přechodný děj. Nastane při vodivém spojení fází, nebo jedné fáze se zemí, přes malý odpor nebo impedanci (v sítích s přímo uzemněným středem transformátoru).

Zkratové proudy, které obvodem protékají, jsou v blízkosti místa zkratu několikanásobně vyšší než provozní. Z toho důvodu je třeba zkratované části odpojit od zdroje. [1]

## Sít' IT pro vn

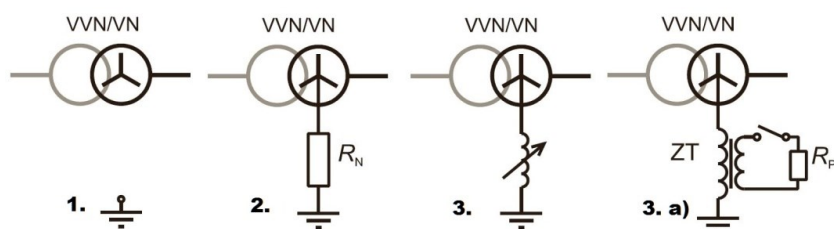
Tohoto zapojení se užívá především u vedení 22 kV a 35 kV.

Sít' IT má několik možností spojení uzlu sekundárního vinutí transformátoru (vvn/vn) se zemí. Jednotlivé způsoby zapojení, které jsou rozvedeny níže a na **Obr. 7**, **Obr. 8**.

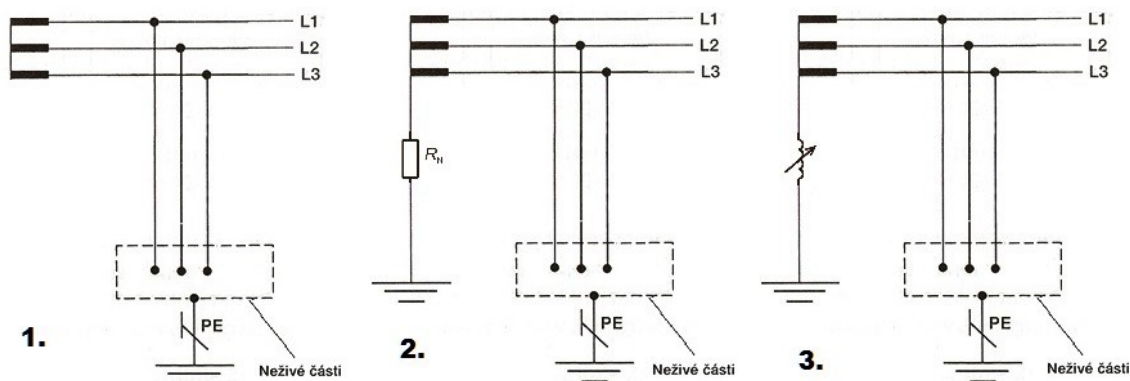


1. izolovaný od země
2. nepřímo uzemněné přes uzlový odporník
3. nepřímo uzemněné přes zhášecí tlumivku (kompenzované soustavy), indukčnost tlumivky je změnou mezery magnetického jádra naladěna do paralelní rezonance se zemní kapacitou sítě.
  - a) klasická laděná zhášecí tlumivka s případným připínáním pomocného odporníku pro navýšení činné složky poruchového proudu na sekundární straně
  - b) klasická laděná zhášecí tlumivka se šentováním – přizemnění postižené fáze v napájecí rozvodně za účelem minimalizace zbytkového proudu a tím i dotykových napětí
  - c) Swedish Neutral – kompenzace zbytkového proudu a tím i dotykových napětí, již se ruší

Spotřebiče v této síti, kterými jsou transformátory vn/n, transformátory trakce, nebo velké stroje mají kostry přímo uzemněny a uzel vn musí mít izolovaný.



Obr. 7 Systémy uzemnění ve vn soustavách [1]



Obr. 8 Schéma zapojení sítě IT 22 kV

Každá varianta uzemnění uzlu transformátoru je vhodná pro určitý provoz soustavy.

Většina distribučních soustav v ČR se provozuje jako kompenzována s připínáním pomocného odporníku **Obr. 7 (3.a)**. Toto zapojení má tu výhodu, že při spojení fáze se zemí nenastává zkrat, ale zemní spojení, u kterého lze síť provozovat do nalezení místa poruchy.

Kabelové sítě se dříve provozovaly uzemněné přes odporník, který omezí velikost zkratového proudu, zmenší hodnotu dotykových napětí a působí příznivě na tlumení přepětových jevů. V současnosti se však i uzemnění těchto sítí nahrazuje tlumivkou s připínáním pomocného odporníku **Obr. 7 (3.a)**. Důvodem je snížení doby nedodávky elektrické energie z titulu jednopólové poruchy.

V průmyslových a elektrárenských provozech se využívají různé způsoby uzemnění. Blokované transformátory vlastní spotřeby a většina továren jsou izolované. Rozvodny pro odsíření elektrárenských

provozů mají uzemnění přes odporník. Důlní sítě jsou provozovány izolované, ale postupně se u nich přechází na kompenzované. [1]

### **Zemní spojení**

Jde o provozovatelný poruchový stav, při kterém se spojí fáze izolované nebo kompenzované rozvodné soustavy se zemí. Při zemním spojení klesne napětí postižené fáze téměř na nulu (závisí na odporu poruchy) a zbývající dvě fáze se zvýší na sdruženou hodnotu.

Rozdělení zemního spojení podle doby trvání:

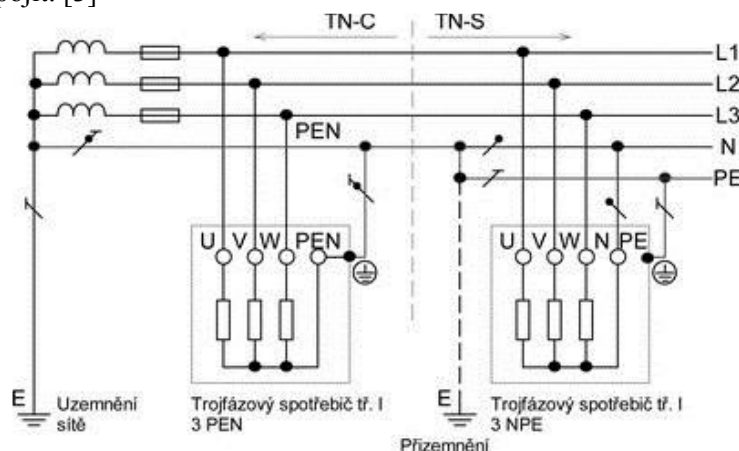
- mžikové (do 0,5 s)
- krátkodobé (do 5 min.)
- přerušované (střídání mžikové a krátkodobé - např. při větru)
- trvalé (až několik hodin – podle rychlosti zásahu techniků sítí) [4]

### **Sít' TN pro nn**

Většina sítí nízkého napětí se provozuje jako TN. U tohoto zapojení je uzel sekundárního vinutí transformátoru (vn/nn) přímo uzemněn.

Neživé části elektrických zařízení jsou spojeny přes ochranný vodič PEN, který je spojen s uzlem sítě a je uzemněn. Ochranný vodič se musí co 500 m uzemňovat. Sít' TN se dělí podle způsobu vedení ochranného a středního vodiče do následujících skupin:

- **TN-C:** Ochranný vodič PE a nulový vodič N je sloučen do jednoho vodiče PEN. (venkovní vedení nn)
- **TN-S:** Ochranný vodič PE se vede v celé síti odděleně od nulového vodiče N. (vnitřní rozvod v domácnostech podle platné normy ČSN 33 2000-1 ED. 2)
- **TN-C-S:** První část je provedena jako sít' TN-C (přívod do domu k HDS) a druhá část od bodu rozdělení jako sít' TN-S (vnitřní rozvod v domě). Vodič PE a N se ve druhé části již nesmí spojit. [3]



Obr. 9 Schéma zapojení sítě TN-C-S [3]

## 2.4.Přístroje distribuční sítě

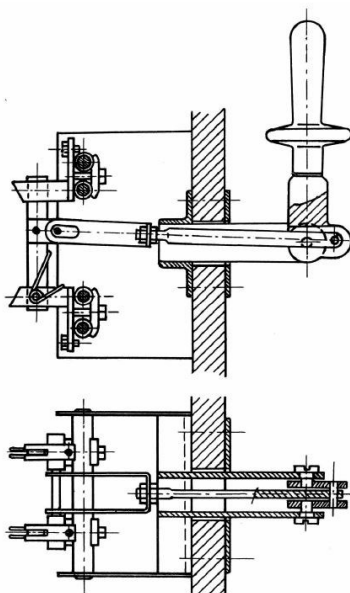
V elektrických stanicích i sítích se nachází spousta přístrojů, které jsou nezbytně nutné pro bezproblémový chod distribuční sítě. U starších typů se pro jejich pohon využíval stlačený vzduch z kompresoru a u nových elektromotor.

### Vypínač

Vypínač je přístroj, který slouží k vypnutí provozních i zkratových proudů v obvodu.

#### Vypínače nn

Vypínače na nn nepotřebují zhášecí médium na uhasnutí oblouku, proto je jejich konstrukce poměrně jednoduchá. Oblouk se uhasíná jeho natahováním a ochlazováním



Obr. 10 Kloubový vypínač nn [5]

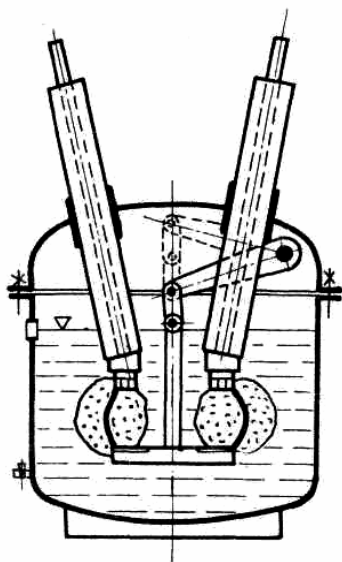
#### Vypínače vn

Od vysokého napětí a výš je třeba zamezit znovu zapálení oblouku při průchodu proudu nulou, a to deionizací prostoru ve zhášecí komoře.

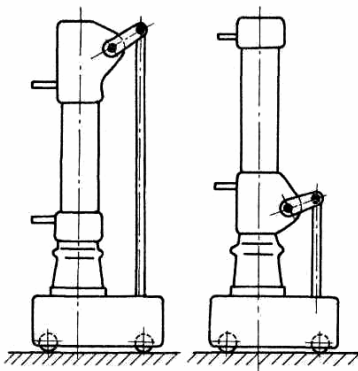
Podle typu zhášecího média dělíme vypínače na:

- Olejové – **Obr. 11** - Již se nevyužívají.
- Maloolejové – **Obr. 12** - Někde stále v provozu. Jeho nevýhoda je, že při několika OZ (během bouřky) se musí olej vyměnit, jelikož zčerná a je nevyhovující.
- Tlakovzdušné – **Obr. 12** - K pohybu kontaktů a ofukování oblouku využívá stlačený vzduch z kompresoru.

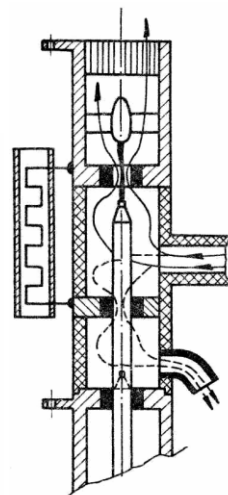
- $\text{SF}_6$  – Fluorid sírový má elektrickou pevnost tři krát větší než vzduch a při tlaku 0,2 MPa. Jeho tepelná vodivost je 2,5krát větší než vzduchu, a také proto se skvěle hodí na zhášení oblouku.
- Vakuové-Zhášecím médiem je vakuum. Pro jeho skvělé vlastnosti se v poslední době rozšiřuje.
  - Výhody vakuových vypínačů:
    - nehořlavost
    - tichá funkce
    - nevyfukují ionizované plyny nebo plameny
    - mají o jeden až dva řády nižší obloukové napětí, a tím i zhášecí energii
    - minimální opotřebení
    - malý potřebný zdvih [5]
  - Nevýhody vakuových vypínačů:
    - Nevhodné na vypínání čistě jalové zátěže, jelikož proud vypínaný v nule má napětí v maximu. Vypínáním velkých jalových proudů vznikají spínací přepětí.



Obr. 11 Olejový vypínač [5]



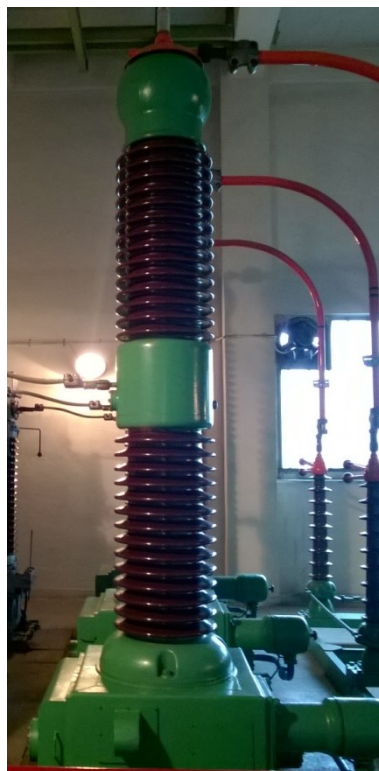
Obr. 12 Maloolejový vypínač [5]



Obr. 13 Tlakovzdušný vypínač [5]

### **Vypínače vvn**

Fungují na stejných principech, jako vypínače vn, jen jsou robustnější viz. **Obr. 14**.



Obr. 14 Maloolejový vypínač vvn r.v.1966

## Odpojovač

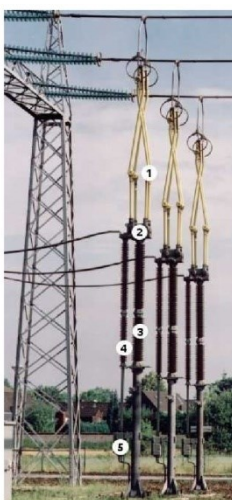
Viditelně rozpojí, či spojí elektrický obvod, který není zatížený. Nejdříve musí obvod vypnout vypínač a až poté se rozpojí odpojovač. Při zapínání nejdříve sepne odpojovač a potom vypínač.

Odpojovače umožňují odpojit část vedení, či přístroj, na kterém je třeba provést práci.



Obr. 15 Rotační odpojovač vvn

- 1 - nůžková ramena
- 2 - spodní rameno
- 3 - podpěrný izolátor
- 4 - pohyblivý izolátor od pohonu
- 5 - motorový pohon



Obr. 16 Pantografický odpojovač vvn



Obr. 17 Odpojovač vn [6]

## Odpínač

Jedná se o přístroj, který se používá na vn pro vypínání provozních proudů. Nedokáže vypnout zkratové proudy.

### Úsekový odpínač (úsečník)

Druh odpínače, který je umístěn na stožárech vedení. Na **Obr. 18** vidíme výkyvné izolátory s opalovacími růžky, na jejichž koncích se vlivem tepelného vztlaku okolního vzduchu přetrhne oblouk. Jinak tomu je u úsečníku na **Obr. 19**, kde k uhašení oblouku slouží zhášecí komora.

Úsečníky bývají ovládány ručně, nebo dálkově. Pohon dálkově řízeného úsečníku je umístěn v ovládací skříni ve spodní části stožáru.



*Obr. 18 Úsečník s opalovacími růžky [7]*



*Obr. 19 Úsečník se zhášecí komorou [8]*

## Dálkové prvky v sítích vn

Dálkově ovládaná kabelová DTS by měla být každá trafostanice se třemi a více vn přívody. Stejně jako Dálkové odpínače a Reclosery by měly mít měření proudu, napětí a ochrany: nadproudovou, zkratovou a zemní směrovou.

### Výhody dálkových prvků:

- Zkrácení doby nedodávky elektrické energie
- Dálková lokalizace poruchového místa za provozu s následným vypnutím pouze tohoto místa
- Změny zapojení soustavy bez omezení zákazníků
- Ušetření nákladů na pohyb obsluhy v terénu pro ruční manipulace
- Signalizace
- Bezpečnost – odpadá přímý kontakt se zařízením

### Dálkově ovládaný úsečník (DOÚ)

Vzhledem k parametrům přístroje i jeho vybavení řídicí elektronikou je vhodný především pro spínání do velikosti jmenovitých proudů a pro spínání zemních spojení.

Dálkově ovládaný odpínač by měl být na každé větší odbočce a také v hlavním vedení přiměřeně jeho délce. Kritériem je také důležitost odbočky. Umístění jako hraniční mezi dvěma linkami (bude standardně vypnutý)

Ochranné funkce:

- Signalizace nadproudů
- Automatické vypnutí DOÚ na odbočce
- Vyhodnocování zemního spojení za DOÚ
- Vyhodnocování proudové nesymetrie

**Reclosery**

Jedná se o dálkově ovládaný vypínač s vypínací schopností 12,5 kA pro 22 kV. Je umístěn na **Obr. 21**

Vzhledem k parametrům přístroje i jeho vybavení řídicí elektronikou je vhodný především pro likvidaci přechodných poruch v síti za místem jeho instalace, bez působení vypínače na rozvodně.

Reclosery se umísťují do vzdálených míst, kde jsou zkratové proudy pod možností nastavení zkratové ochrany na rozvodně.

Ochranné funkce:

- Nadproudová a zkratová ochrana
- Zemní směrová ochrana
- Indikace proudové nesymetrie
- OZ – Opětovné zapnutí

**Přístrojový transformátor proudu (PTP)**

Jeho hlavní úlohou je transformace zkratových, a především provozních proudů na hodnoty, které jsou schopny zpracovávat zařízení pro jejich měření a chránění.

Z důvodu možností připojení různých primárních proudů mívá vinutí řadu odboček a je navinuto na prstencových jádrech.



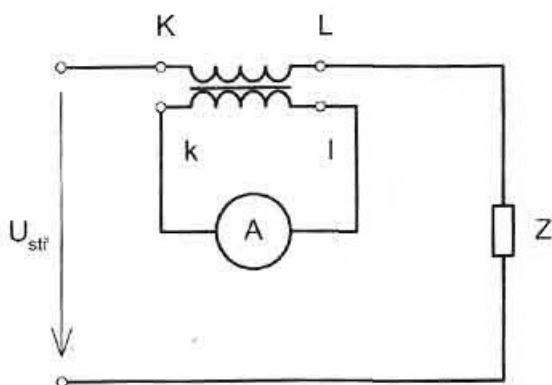
*Obr. 20 Dálkový odpínač*



*Obr. 21 Dálkový vypínač recloser*



PTP snižuje proud podle převodu závitů, ale také zvyšuje napětí podle stejného převodu závitů. Sekundární vinutí PTP musí proto být vždy zkratováno. A-metr má vnitřní odpor téměř nula. PTP pracuje trvale ve stavu nakrátko. Pokud by se rozpojilo, nebo poškodilo sekundární vinutí, objeví se na něm nebezpečné přepětí.



Obr. 22 Schéma zapojení PTP [9]



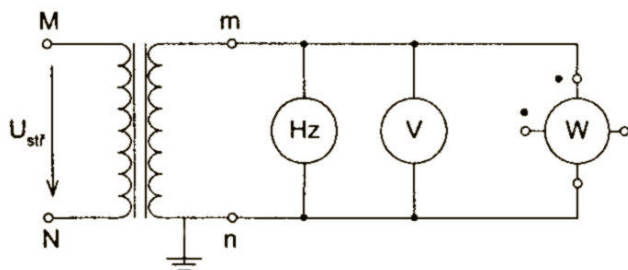
Obr. 23 Přístrojový transformátor proudu vvn

## Přístrojový transformátor napětí (PTN)

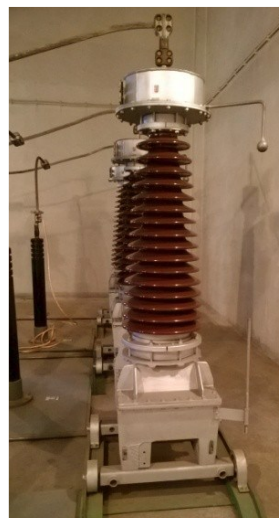
Transformuje napětí na hodnotu, kterou dokážou zpracovat zařízení pro měření a chránění.

Jedna ze sekundárních svorek PTN se musí uzemnit, jelikož měřené vn by při průrazu izolace transformátoru proniklo na sekundární stranu a mohlo by ohrozit obsluhu, nebo poničit připojené přístroje. Schéma k dispozici na **Obr. 24**

Na rozdíl od PTP se při práci na PTN nesmí spojit sekundární svorky, jelikož je sekundární vinutí dimenzováno pouze na malé hodnoty proudu a zkratový proud by mohl izolaci vinutí spálit a tím PTN zničit. [10]



Obr. 24 Schéma zapojení PTN [10]



Obr. 25 Přístrojový transformátor napětí vvn



### **3. Teoretický rozbor výpočtu spolehlivosti elektrických sítí a jejich prvků**

#### **3.1. Základní pojmy**

##### **Porucha**

Porucha je přerušení dodávky elektrické energie trvající déle než tři minuty. Příčinou může být narušení / poškození zařízení elektrizační soustavy. Mezi poruchy se nepočítá výpadek pojistky v HDS u zákazníka. [11]

##### **Obnovení dodávky**

Obnovení schopnosti elektrizační soustavy dodávat odběrateli elektrickou energii ve smluvené kvalitě podle smlouvy, nebo také stav, při kterém je omezeno množství dodávané elektrické energie kvůli náhradnímu zapojení. [11]

##### **Přerušení dodávky**

Dlouhodobé: Každé přerušení dodávky elektrické energie, které je delší, než tři minuty

Krátkodobé: Doba trvání alespoň 1 sekunda a současně ne kratší než 3 minuty.

Za přerušení se nepovažuje vlastní zavinění u konečného zákazníka. [11]

##### **Poruchové přerušení dodávky**

Přerušení způsobené poruchou a jejím odstraňováním.

Příčiny: Samočinné vypnutí zařízení, v důsledku zásahu nebo jednání třetí osoby [11]

##### **Vynucené přerušení dodávky**

Přerušení způsobené samočinným vypnutím, nebo nuceným vypnutím zařízení elektrizační soustavy z důvodu zásahu nebo požadavku třetí osoby. [11]

##### **Plánované přerušení dodávky**

Plánované práce při údržbě zařízení elektrizační soustavy. [11]

##### **Mimořádné přerušení dodávky**

Všechna vynucená přerušení v případech stavu nouze nebo předcházení stavů nouze. [11]

### 3.2.Členění vstupních údajů pro výpočet spolehlivosti sítí

Vstupní údaje se získávají z údajů o činnosti daného zařízení, nebo podobného zařízení pracujícího v podobných podmínkách. [11]

#### Empirická spolehlivost

Nejčastější používaná metoda pro získání vstupních údajů pro spolehlivostní výpočty. Je u ní potřeba mít k dispozici údaje o chodu a poruchách prvků, které se v distribuční soustavě vyskytují, nebo údaje o prvcích v podobných podmínkách. Při větší databázi jsou údaje věrohodnější.

Prvky musí být rozlišeny podle napěťové hladiny, typu a také je třeba znát jejich přesný počet a rozsah. Nejedná se o údaj počtu poruch, střední době poruchy, ale také o údaje o celkové délce vedení daného typu a dané napěťové hladiny. Sledování poruchovosti elektrizační soustavy v rozsahu několika let je tedy základem pro výpočet její empirické spolehlivosti. [11]

#### Apriorní spolehlivost

Dopředu se určí vstupní údaje a ze znalostí možných stavů objektu je vyjádřena pravděpodobnost bezporuchového chodu. Apriorní spolehlivost je provozní spolehlivost prvků při jejich nasazení do provozu, bez znalosti údajů o poruchách prvků. Z údajů výrobce se určují spolehlivostní veličiny, jako jsou intenzity poruch a optimální doby mezi revizemi. Z důvodu, že každý prvek má jinou konstrukci, funkci a význam, tak se apriorní spolehlivost elektrizační soustavy nemůže řešit obecně pro všechny prvky, ale pro každou část zařízení zvlášť. [11]

#### Základní spolehlivostní údaje

Intenzita poruch:

$$\lambda = \frac{N}{Z \cdot X} \text{ (rok}^{-1}\text{)} \quad (3.1)$$

N	počet poruch (-)
Z	počet prvků příslušného typu v síti (-)
X	délka sledovaného období (rok)

Intenzita poruch vedení při rovnoměrné četnosti poruch:

$$\lambda = \frac{N}{L \cdot 0,01 \cdot X} \left( \frac{1}{\text{rok} \cdot 100 \text{ km}} \right) \quad (3.2)$$

Střední doba poruchy:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N_p} \text{ (h)} \quad (3.3)$$

$N_p$	počet poruch prvku příslušného typu (-)
$\tau_i$	doba poruchy prvku příslušného typu (h) [11]

## 4. Současná legislativa

**Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, (energetický zákon)**

- Zákon upravuje v souladu s právem Evropského společenství podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích (elektroenergetiku, plynárenství a teplárenství), řeší práva a povinnosti fyzických i právnických osob s energetickými odvětvími spojených.
- Popisuje práva a povinnosti PDS souvisejícím s provozováním, obnovou a rozvojem distribuční soustavy na území vymezeném licenci.
- Popisuje stav nouze a předcházení stavu nouze. [12]

**Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační, ve znění pozdějších předpisů**

- Vyhláška ERÚ stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě; způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu elektřiny a pravidla pro posuzování souběžných požadavků na připojení. [13]

**Vyhláška č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, ve znění pozdějších předpisů**

- Vyhláška ERÚ stanoví kvalitu dodávek elektřiny včetně náhrady za její nedodržení.
- Kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazateli nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny. [14]

**Vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, v platném znění**

- Vyhláška ERÚ stanoví mimo jiné i zúčtování a vypořádání regulační energie ve stavu nouze a při předcházení stavu nouze. [15]

**Vyhláška č. 79/2010 Sb., o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení, ve znění pozdějších předpisů**

- Ve vyhlášce MPO je popsáno řízení provozu PS a DS technickým dispečinkem PPS a PDS.
- Vyhláška stanoví způsoby dispečerského řízení, které slouží k zajištění spolehlivého a bezpečného provozu elektrizační soustavy (přípravu provozu elektrizační soustavy, operativní řízení provozu elektrizační soustavy, hodnocení provozu elektrizační soustavy). [16]

**Vyhláška č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu**

- Ve vyhlášce MPO je uveden postup omezení spotřeby elektřiny a řízení změn dodávky elektřiny do elektrizační soustavy snížením hodnoty elektrického výkonu pomocí regulačního plánu. Také úplným přerušením dodávky elektřiny pomocí vypínacího a frekvenčního plánu, i operativním vypnutím. Je možnost nařídit snížení hodnoty elektrického výkonu dodávaného výrobcem. [17]

**Vyhláška č. 82/2010 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny**

- Ve vyhlášce MPO je popsáno, že zajišťováním měření elektřiny je instalace, provozování, obsluha, kontrola a údržba měřicích zařízení včetně zařízení hromadného dálkového ovládání, odečítání, zpracovávání, přenos a uchovávání údajů měření. [18]

#### **4.1.Pravidla provozování distribučních soustav (PPDS), 2016**

PPDS vycházejí z energetického zákona a z navazujících vyhlášek MPO a ERÚ.

Cílem dokumentu je vypracovat a zveřejnit předpisy, které stanoví minimální technické, plánovací, provozní a informační požadavky pro připojení uživatelů k DS a pro její užívání.

- Poskytují komplexní informace bez nutnosti pracovat s mnoha souvisejícími právními, technickými a dalšími podklady.
- Stanovují základní pravidla, zajišťující spolupráci a koordinaci mezi jednotlivými účastníky trhu s elektřinou.
- Je složen z hlavní části a sedmi příloh. Každá příloha se zabývá jiným tématem. V diplomové práci bude popsána příloha 2 „Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí“. [19]

#### **Příloha 2 Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí, 2016**

Tato část PPDS podrobně popisuje ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti, pro jejíž stanovení jsou podkladem příslušné údaje poskytované jednotlivými držiteli licence na distribuci a postup výpočtu uvedený v této příloze PPDS na základě vyhlášky ERÚ č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, ve znění pozdějších předpisů. [20]

##### **Ukazatelé nepřetržitosti distribuce**

- SAIFI: průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období
- SAIDI: průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období
- CAIDI průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období.

Pro vyhodnocení nepřetržitosti distribuce nebyly předané údaje o počtu postižených zákazníků. [20]

##### **Podklady pro prvkovou spolehlivost**

Prvková spolehlivost byla řešena v kapitole 3.2. a podklady pro jejich výpočet jsou:

- poruchovosti jednotlivých zařízení a prvků
- odstávky zařízení při údržbě a revizích

- odstávky zařízení pro provozní práce na vlastním zařízení i zajištění bezpečnosti při pracích v blízkosti živých částí rozvodu
- spolehlivost zařízení a prvků distribučních soustav
- četnosti přerušení distribuce a jeho trvání v odběrných místech. [20]

### **Databáze pro sledování událostí**

Tahle část metodiky se zabývá jednotlivými údaji, které se do databáze zaznamenávají. Mezi ně patří Napětí sítě, Napětí zařízení, Příčina události a jiné.

Jeden z nejdůležitějších údajů k zjištění spolehlivosti je délka poruchy, pro jejíž výpočet je třeba definovat následujících časy, z nichž se pro prvkovou spolehlivost použijí pouze  $T_0$  a  $T_4$ .

- $T_0$  - Datum a čas začátku události.
  - Datum a čas, kdy je provozovatel o události informován.
- $T_1$  - Datum a čas začátku manipulací.
  - U poruchy datum a čas první manipulace, která neslouží k ověření jejího trvání opakovaným zapnutím vypadlého prvku.
  - U plánovaných událostí je datum a čas začátku události a manipulací shodný.
- $T_2$  - Datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy.
- $T_3$  - Datum a čas obnovení distribuce v úseku ovlivněném událostí.
  - Datum a čas obnovení distribuce u všech zákazníků ovlivněných událostí.
- $T_4$  - Datum a čas konce události, tj. čas obnovení schopnosti zařízení plnit svou funkci.
  - U plánovaných a vynucených událostí je datum a čas konce manipulací a události shodný.
- $T_Z$  - Datum a čas zemního spojení.
  - Pokud bylo zemní spojení vymanipulováno bez přechodu ve zkrat (výpadku), je  $T_Z = T_0$ , pokud přešlo ve zkrat, je  $T_0$  čas přechodu ve zkrat. [20]

### **Společné číselníky pro PDS**

Součástí metodiky jsou číselníky, jimiž jsou zakódované data v databázi, které budou podrobněji popsány v kapitole **5 Popis stávajícího stavu konkrétních dat.**

#### Zakódované data:

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| • Distribuční společnost   | • Druh zařízení      |
| • Typ události             | • Poškozené zařízení |
| • Napětí sítě a zařízení   | • Druh zkratu [20]   |
| • Způsob provozu uzlu sítě |                      |
| • Příčina události         |                      |

## 5. Popis stávajícího stavu konkrétních dat

Mým vedoucím práce mi byla poskytnuta databáze poruch distribuční sítě z jedné distribuční oblasti. Databáze je rozdělena zvlášť na soubory pro hladiny vn a vvn a sleduje období devíti let od roku 2008 až 2016. Každý rok obsahuje čtyři soubory, dva pro hladinu vn a dva pro vvn. Pouze v roce 2012 je rozdělen na šest souborů po čtyřech měsících z důvodu průchodnosti e-mailem. Celkem databáze obsahuje 38 souborů. Z důvodu, že se spolehlivost zjišťuje za období jednoho roku, tak jsem soubory pro daný rok a napětovou hladinu sloučil do jednoho souboru a tím jich získal 9 pro vn a 9 pro vvn.

Soubory byly dodány ve formátu CSV viz. **Obr. 26**, které obsahovaly 155 sloupců a jejich převážná část neměla hlavičku, proto bylo zapotřebí ji vložit z jiného souboru. Některé soubory obsahovaly všechna data v jednom sloupci, proto jsem data rozdělil do jednotlivých sloupců. Pro usnadnění operací jsem ukotvil horní řádek s hlavičkou a opatřil ho filtrem. Následně jsem soubory ukládal do formátu EXCEL, kde jsem data dále zpracovával - **Obr. 27**.

	A
1	120060684340;H3;VN;22 kV;;Poruchy nesilového zařízení DS;;;2000;;Ostrava;Rozvodny Lískovec;DS-TR-FM_PASK;1600203
2	120060684348;H3;VN;22 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti s poškozením zařízení
3	120060684358;H3;VN;22 kV;;Poruchy nesilového zařízení DS;;;2000;;Přerov;Řídicí systémy - Morava;DS-TS-200390-PR_304
4	120060684366;H3;VN;10 kV;;Poruchy nesilového zařízení DS;;;2000;;Ostrava;Sítě vn a nn Ostrava 2;DS-NN-201392-UU003
5	120060684369;H3;VN;22 kV;;Poruchy nesilového zařízení DS;;;2000;;Přerov;Řídicí systémy - Morava;DS-TS-201014-PR_366
6	120060684371;H3;VN;22 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti bez poškození zařízení
7	120060684391;H3;VN;22 kV;NP dodávky z PS, z jiné DS nebo u výrobce;Porucha na síti bez poškození zařízení PDS;;;2000;M
8	120060684416;H3;VN;6 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti s poškozením zařízení P
9	120060684448;H3;VN;22 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti bez poškození zařízení
10	120060684479;H3;VN;22 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti bez poškození zařízení
11	120060684480;H3;VN;22 kV;NP vlivem zařízení DS za obvyklých povětrnost podmínek;Porucha na síti bez poškození zařízení

Obr. 26 Původní stav databáze

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Hlášení	Druh hl	Napětí	Napětí	Typ udí	Druh p	Pojistka	Vynuce	Avízo zi	Stanovi	Lokalita	Di
2	1,2E+11	H3	VN	22 kV		Poruchy nesilového zařízení DS				2000		O
3	1,2E+11	H3	VN	22 kV	NP vlivem	Porucha na síti s poškozením zařízení PDS				2000	Zlínský	V
4	1,2E+11	H3	VN	22 kV		Poruchy nesilového zařízení DS				2000		P
5	1,2E+11	H3	VN	10 kV		Poruchy nesilového zařízení DS				2000		O
6	1,2E+11	H3	VN	22 kV		Poruchy nesilového zařízení DS				2000		P
7	1,2E+11	H3	VN	22 kV	NP vlivem	Porucha na síti bez poškození zařízení PDS				2000	Moravsko; Fr	
8	1,2E+11	H3	VN	22 kV	NP dodávky	Porucha na síti bez poškození zařízení PDS				2000	Moravsko; Fr	
9	1,2E+11	H3	VN	6 kV	NP vlivem	Porucha na síti s poškozením zařízení PDS				2000	Moravsko; Er	
10	1,2E+11	H3	VN	22 kV	NP vlivem	Porucha na síti bez poškození zařízení PDS				2000	Olomouck Ol	
11	1,2E+11	H3	VN	22 kV	NP vlivem	Porucha na síti bez poškození zařízení PDS				2000	Moravsko; Fr	

Obr. 27 Upravená databáze

Měl jsem k dispozici soubor **Hlavička dat a číselníky\_cz**, který vychází z PPDS přílohy 2.

V dalším kroku, pomocí tohoto souboru a zobrazeného programu makra **Obr. 28**, jsem přiřadil jednotlivé sloupce z **Hlavičky** ke sloupcům v databázi a společně s číslem knihovny je následně vložil do **Tab. 2**. Jednotlivé sloupce v **Hlavičce** byly očíslované, což představuje sloupec **č.hlavičky**. Díky tomuto číslu jsem byl schopen v programu makra najít číslo sloupce odpovídající databázi.

```
<Transformation OutputItemIndex="10">
  <Get CodeBookName='6' Digits='1' InputTupleName='a' Indexes='78,80' />
</Transformation>
```

Obr. 28 Program makra

Tab. 2 Čísla sloupců v databázi

Název	Název sloupce	č. hlavičky	č. knihovny	č. sloupce
napětí zařízení	Napětí - text	8	4	4
příčina události	Skup.kódů - příčiny - text	10	6	78-80
druh zařízení	ID předmětu - text	11	7	17; 88
poškozené zařízení	Skup.kódů - část objektu - text	12	8	90-92
Druh poruchy	Druh poruchy - text	31	13	6
množství	Množství	14		103
T0	Začátek události - datum	18		40-41
T3	Obnovení dodávky - datum	21		47-48
T4	Konec události - datum	22		49-50
T3-T0	Tjp - doba trvání přerušení (t3-t0)			113
T4-T0	Tju - doba trvání události (t4-t0)			114
	tjL Střední doba trvání přerušení [hod]			115
	Střední doba trvání přerušení [hod]			116

Následně jsem si prošel všech 155 sloupců v databázi a postupně mazal a skrýval ty, o kterých jsem si byl jistý, že je nebudu potřebovat. Sloupce, u kterých jsem si nebyl jistý jsem jenom skryl. Smazal jsem 20 sloupců a 70 jsem jich skryl, proto mi zbylo 65 sloupců na vyhodnocování. Sloupce jsem mazal pouze pro hladinu vn, jelikož při malém počtu řádků databáze vvn se při smazání sloupců změnila velikost souboru pouze nepatrně. Proto jsem si vytvořil šablonu, ve které byly nepotřebné sloupce již skryté a data z vvn vkládal do šablony, aniž bych musel znovu všechny sloupce procházet a ručně skrývat.

Tab. 3 Zredukované sloupce

Skryté sloupce	Smazané sloupce
8	1
10	2
14	3
18	7
20-21	9
42-45	15
51-75	22-35
87	
95	
101	
104	
110-112	
117	
125-128	
132-155	

## 5.1.Pasportizace zařízení

Mimo databáze poruch zařízení jsem dostal také pasportizaci zařízení, ve které byly uvedeny jejich počty ve všech napěťových hladinách. Prvky byly rozdělené do třech skupin **d**- druh zařízení, **p**- poškozené zařízení a **s**- souhrnné údaje. Jmenovitá napětí byla zakódována a to tak, že **5** znamenala hodnotu 22 kV, **7** hodnotu 110 kV a podobně. Na stejném principu byly zakódované i prvky, jenom pro každou skupinu **d**, **p**, **s** měly k hodnotě přiřazený jiný název. Pro skupinu **d** byla přidělena knihovna **c\_07**, pro **p** **c\_08** a pro **s** **c\_12**. Pro snadnější práci jsem nejdříve data rozdělil na tři listy podle skupin **d**, **p**, **s** a následně pomocí excelovské funkce **SVYHLEDAT** nahradil všechny kódy jejím přiřazeným názvem.

Pokud u některých prvků není znám jejich přesný počet, je u hodnoty **value** uvedeno písmeno **u**. Odfiltroval jsem si všechny hodnoty, kde se neobjevuje **u**, **0** a následně data zkopíroval do čisté tabulky pro budoucí výpočty. Tabulky jsem si vytvořil dvě a to **Tab. 4** pro 22 kV a **Tab. 5** pro 110 kV, jelikož jen pro tyto dvě hladiny napětí budu počítat spolehlivost.

Tab. 4 Počet prvků vn

Prvek	Počet kusů/km u vedení
automatika	332
kabel	2217,77
nadproudová	1226
ochrany pro transformátory	76
ochrany pro vedení a kabely	2100
omezovače přepětí	8619
plynová (Buchholz)	20
rozdílová	13
stožár	86501
svodič přepětí	17360
transformátor vn/nn	9795
transformátor vn/vn	31
úsečník	13760
ventilová bleskojistka	8735
vodič	7769,318
vyfukovací bleskojistka (Torokova trubice)	6
vypínač výkonový	1555
zemní	507

Tab. 5 Počet prvků vvn

Prvek	Počet kusů/km u vedení
automatika	161
distanční	224
kabel	2
měřicí transformátor	1881
nadproudová	214
ochrany pro transformátory	508
ochrany pro vedení a kabely	466
omezovače přepětí	378
plynová (Buchholz)	97
rozdílová	84
srovnávací s galvanickou vazbou	17
stožár	5601
svodič přepětí	378
termokopie (tepelný obraz)	97
transformátor 110 kV/vn	125
transformátor napětí - induktivní	789
transformátor proudu	1053
transformátor proudu a napětí (kombinovaný)	39
vodič	2195,504935
vypínač výkonový	445
zemní (kostrová, nádobová)	30

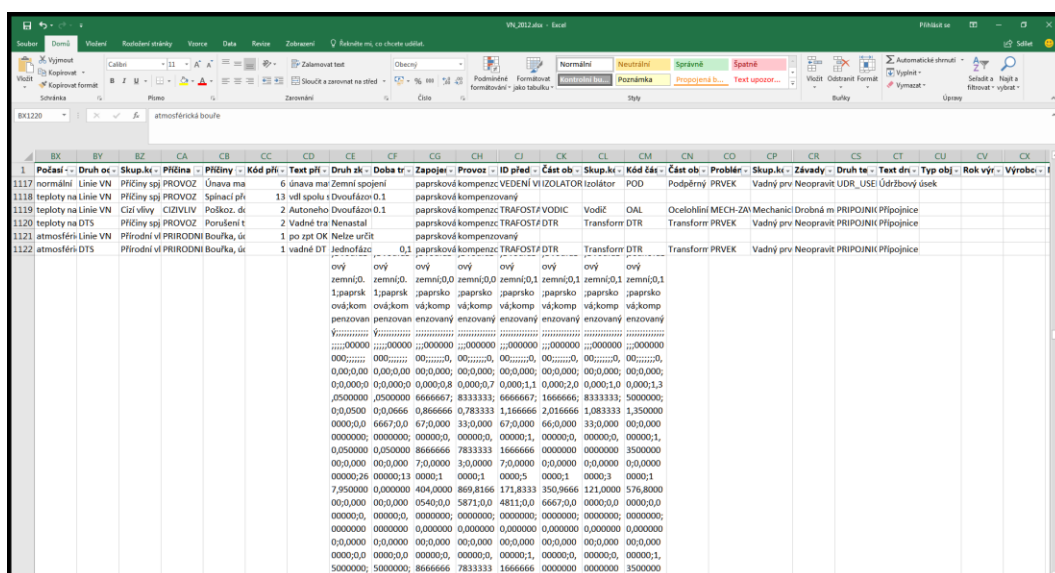


## 5.2.Číselník t\_c8

Jeden z číselníků, který jsem měl k dispozici, obsahoval název poškozeného zařízení a jeho význam v pasportizaci. Číselník byl vytvořen kvůli makru počítající spolehlivost, aby bylo možno k netotožným názvům prvků přiřadit jejich počet. Mnohdy byl v názvech rozdíl jen počínajícím velkým písmenem.

## 5.3.Chyby v databázích

Databáze obsahovaly několik chyb, a to, že některé řádky byly špatně vygenerované a text v jednom z jejich sloupců se nerozložil do ostatních sloupců viz. **Obr. 29**. Nepodařilo se mi text rozdělit do sloupců ani ručně, jelikož data byla zapsána ve špatném tvaru. Tyto chybné řádky jsem odstranil viz. **Tab. 6** a **Tab. 7**. Další chyba spočívala v absenci hodnoty napětí viz. **Obr. 30**. Při bližším průzkumu jsem zjistil, že řádky bez napětí nemají doplněny ani data o události, tím pádem z nich nemůžu zjistit střední dobu poruchy, takže jsem i tyto řádky odstranil. Z **Tab. 6** vidíme, že v celé databázi vn bylo celkem 711 chybných řádků. V případě hladiny vvn jde o 55 řádků viz. **Tab. 7**.



Obr. 29 Chyby v databázi- nerozdělené sloupce

FileEditViewFormatToolsHelp

VB\_2012.xlsx - Excel

FileEditViewFormatToolsHelp

Search | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

View | Dm | View | Resolution | Styles | Source | Data | Review | Zobrazení | Různé názvy, co chcete udělat.

Obr. 30 Chyby v databázi- řádky bez napětí a času

Tab. 6 Počet chybných řádků vn

Rok	Počet špatných řádků
2009	10
2010	85
2011	160
2012	106
2013	80
2014	102
2015	63
2016	105

Tab. 7 Počet chybných řádků vvn

Rok	Počet špatných řádků
2011	11
2012	5
2013	5
2014	5
2015	18
2016	11

## 6. Vývoj spolehlivostních parametrů

### 6.1. Výpočet délky poruchy

Zajímají mě dva údaje, a to doba trvání přerušení a doba trvání události. Zjistím je následujícím způsobem:

- Doba trvání přerušení: Odečtu Obnovení dodávky a Začátek události  $\rightarrow (T_3 - T_0)$
- Doba trvání události: Odečtu Konec události a Začátek události  $\rightarrow (T_4 - T_0)$

V databázi je uvedena doba trvání přerušení (sloupec 113) a doba trvání události (sloupec 114). Pro kontrolu, zda jsou tyto hodnoty správné jsem je porovnal s výsledky časů vypočtených podle předchozího odstavce a zjistil jsem, že doba trvání události není vždy pravdivá. Z toho důvodu budu vycházet z dob mnou vypočtených, nikoliv z uvedených ve sloupci 113 a 114. Pro zjištění doby trvání bylo nejdříve potřeba sloupec data a času sjednotit do jednoho. To jsem provedl pouhým sečtením ( $=RC[-118]+RC[-117]$ ) s následným nastavením formátu buněk na **d.m.rr h:mm:ss;@**. Tím jsem získal tři sloupce  $T_0$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ , ze kterých jsem zjistil dobu trvání přerušení a události odečtením jednotlivých časů. Z důvodu přehlednosti jsem si pro tyto operace vybral sloupce 158-164 na konci všech databází.

### 6.2. Výpočet spolehlivostních parametrů

Během zpracování mé první databáze jsem vyzkoušel nespočet způsobů, jak potřebné spolehlivostní parametry vypočítat. Nakonec se mi osvědčila kontingenční tabulka, pro niž jsem vybral oblast sloupců 90-160 a vložil ji do nového listu KONTIN. Před vytvořením kontingenční tabulky bylo zapotřebí nadepsat hlavičky prázdných sloupců, jelikož jinak Excel hlásil chybu.

V kontingenční tabulce jsem si do řádků vygeneroval sloupce 90 - Skup.kódů - část objektu, 92 - Část objektu, do sloupců počet výskytů z 90 (počet poruch) a součet časů ze sloupce 164 -  $T_4 - T_0$ . Část objektu byla potřeba vygenerovat ve dvou úrovních, jelikož mnohé z prvků se dále dělily na druhy, pro které jsem si již vytvořil pasportizaci, jako například Přístrojový transformátor se dělil na napěťový a proudový.

Tlačítkem mínus u řádků tabulky jsem sroloval druhou úroveň prvků, které nemám v pasportizaci, nebo znám jejich počet podle první úrovně. Ruční odfiltrování všech prvků pomocí filtru v hlavičce jsem shledal moc časově náročným, a proto jsem přišel na lepší automatizovaný způsob, který podrobněji rozvedu později. Abych nenarušoval výpočty a filtrováním řádků zredukovanou kontingenční tabulku, tak jsem ji jako text zkopíroval do dalšího listu VYPOCTY, kde s nimi budu počítat.

Přímé přiřazení prvků k jejich počtu z dat pasportizace není možné viz. kapitola 5.2 Číselník **t\_c8**. Při zpracovávání oné tabulky v KONTIN jsem zjistil, že data poruchové databáze jsou velmi detailnější než v pasportizaci. Kupříkladu v databázi poruch jsou uvedeny odpínače všech možných druhů: Bezkomorový klasický, Bezkomorový mžikový, Komorový, Recloser, Úsečník, nebo obecně Odpínač. Kdežto v pasportizaci jsou všechny druhy sloučené pod Úsečník, a proto bylo nutné v číselníku **t\_c8** přejmenovat všechny druhy odpínačů na cílový úsečník. Dále jsem kvůli částečné automatizaci výpočtu

přidal do **t\_c8** převod z MT Napětí a Napětí na transformátor napětí – induktivní. Totéž pro transformátor proudu. Poté jsem knihovnu **t\_c8** zredukoval ze 125 řádků na 55, a to tím, že jsem odstranil prvky, u níž neznám jejich počet. Upravený číselník jsem spolu s mnou upravenou pasportizací vložil do nového listu DATA v souboru databáze.

V listu VYPOCTY jsem pomocí funkce **SVYHLEDAT** nahradil názvy prvků z databáze za názvy korespondující s pasportizací z listu DATA. Nadřazenou funkcí **IFERROR** jsem nastavil podmínku, že při nenalezení názvu použije původní. Stejný princip sloužil k nalezení počtu prvků z pasportizace, jen při chybě vypsál za hodnotu nulu. Dále jsem si odfiltroval z počtu prvků nulové hodnoty a nyní jsem už ručně musel v seznamu zkontrolovat duplicitní názvy, které vznikly v důsledku dvojího pojmenování, jak jsem již uvedl výše. Kupříkladu transformátor proudu měl dva názvy, takže pro něj existovaly dva časy a dva počty poruch. Časy a počty poruch jsem jednoduše sečetl, hodnoty přiřadil k jednomu řádku a duplicitní řádek odstranil.

Následovaly výpočty spolehlivostních parametrů podle vzorců **(3.1)** až **(3.3)**. Při zjišťování intenzity poruch pro jednotlivé roky jsem za délku sledovaného období dosadil 1 a při vyhodnocování celé devítileté databáze dosadím 9. Pro vedení platí jiný vzorec než pro ostatní prvky, tak ať v tabulce nemusím ručně psát k vedení jiný vzorec, tak jsem použil příkaz **KDYŽ** za podmínky výskytu slova „kabel“, nebo „stožár“.

Po spočtení první databáze jsem smazal data ze zdrojového listu a soubor uložil jako šablona. Díky zautomatizování procesu vyhodnocení stačilo postupně nahrávat databáze ostatních roků do zdrojového listu šablony, aktualizovat kontingenční tabulku, tu jako text zkopírovat do listu VYPOCTY a program si již vše sám přejmenoval a spočítal.

### 6.3.Výsledné spolehlivostní parametry

Po vyhodnocení devítileté databáze jsem získal devět výsledných tabulek pro hladinu vn a devět pro vvn. Tabulky bylo třeba seskupit podle napětí do dvou souborů, kde jsou přehledně vidět spolehlivostní parametry jednotlivých let. Analýza spolehlivosti je přesnější, při delším sledovaném období, z toho důvodu jsem ze seskupených devítiletých tabulek pomocí kontingenční tabulky zjistil celkové poruchové parametry jednotlivých prvků. Z poruchových parametrů již bylo snadné zjistit podle postupu v kapitole 6.2 intenzitu a střední dobu poruch. Při porovnání počtu prvků **Tab. 8** a **Tab. 9** s **Tab. 4** a **Tab. 5** jde vidět, že během uplynulých devíti let byly z 18 prvků pro vn poruchových pouze 11 a v případě vvn 11 z 21, což může být způsobeno nedokonalými daty.

Střední dobu poruchy  $\tau$  jsem vypočítal z doby události času  $T_4$ .

Tab. 8 Výsledné spolehlivostní parametry pro vn

Prvek	Počet prvků	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	Doba přerušení (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)
automatika	332,00	21	10616:36:18	0:11:00	0,0070	505:33:09
ochrany pro transformátory	76,00	6	706:06:30	8:34:30	0,0088	117:41:05
ochrany pro vedení a kabely	2100,00	31	9361:01:35	9:13:20	0,0016	301:58:07
omezovače přepětí	8619,00	77	13862:05:49	143:13:37	0,0010	180:01:38
stožár	86501,00	410	35215:38:28	2367:38:42	0,0005	85:53:31
transformátor vn/nn	9795,00	509	30908:41:58	1838:04:27	0,0058	60:43:28
úsečník	13760,00	607	222424:43:08	700:28:55	0,0049	366:25:58
ventilová bleskojistka	8735,00	52	5839:37:21	75:45:54	0,0007	112:18:02
vypínač výkonový	1555,00	120	44139:38:56	50:26:19	0,0086	367:49:49
vodič	7769,32	1087	34146:11:42	7015:39:10	1,5545	31:24:48
kabel	2217,77	869	140815:51:35	2023:03:35	4,3537	162:02:37
<b>Celkový součet</b>		<b>3789</b>	<b>548036:13:20</b>	<b>14232:19:29</b>		

Automatiky mají minimální dobu přerušení elektrické energie, jelikož se neúčastní distribuce silové energie. Největší doba přerušení je způsobena poruchou na vodiči. Nejčastěji jde o přetržení vodičů spadlými stromy, jejichž příčinou je extrémní počasí.

Zajímavé je srovnání ukazatel intenzity poruch kabelových a venkovních vedení, kde jej mají kabely tři krát větší, jelikož se kabelové vedení dále nedělí na prvky, které jsou na venkovním vedení- bleskojistky, omezovače, stožáry, úsečníky, tudíž jsou poruchy rozděleny mezi více prvků.

Tab. 9 Výsledné spolehlivostní parametry pro vvn

Prvek	Počet prvků	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	Doba přerušení (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)
automatika	161,00	1	100:21:00	0:00:00	0,0007	100:21:00
ochrany pro transformátory	508,00	1	1:10:00	0:00:00	0,0002	1:10:00
ochrany pro vedení a kabely	466,00	17	3669:19:37	0:00:00	0,0041	215:50:34
omezovače přepětí	378,00	3	372:19:33	0:00:00	0,0009	124:06:31
stožár	5601,00	24	3827:09:13	3:25:45	0,0005	159:27:53
vypínač výkonový	445,00	95	2760:24:39	6:28:21	0,0237	29:03:25
transformátor proudu	1053,00	12	980:21:40	0:00:00	0,0013	81:41:48
transformátor napětí - induktivní	789,00	10	2094:56:13	10:17:18	0,0014	209:29:37
transformátor 110 kV/vn	125,00	21	4595:59:58	3:03:35	0,0187	218:51:26
vodič	2195,50	40	908:32:48	0:53:00	0,2024	22:42:49
kabel	2,00	3	2807:01:39	0:51:12	16,6667	935:40:33
<b>Celkový součet</b>		<b>227</b>	<b>22117:36:20</b>	<b>24:59:11</b>		

Na první pohled je jasné, že na vn dochází téměř k sedmnácti násobně více poruchám než na vvn.

Automatiky, ochrany, omezovače přepětí mají nulovou dobu přerušení elektrické energie, jelikož se neúčastní distribuce silové energie. V případě transformátoru proudu se závada pravděpodobně objevila během ŘPÚ, takže doba přerušení je opět nulová.

Nejdelší dobu přerušení elektrické energie mají za vinu poruchy PTN, jelikož se jedná o jediný prvek zapojený mezi fází a zemí, takže je nejvíce namáhán přepětíovými jevy.

Velká nedodávka z titulu poruchy výkonových vypínačů je způsobena starými vypínači na hranici životnosti například maloolejoyé vypínače s tlakovzdušným pohonem. Ukazatel intenzity poruch výkonových vypínačů opět převyšuje ostatní zařízení, což si vysvětlují snižováním životnosti při vypínání zkratu.

Při srovnání časů pro transformátor 110 kV/vn a transformátor vn/nn jde vidět obrovský rozdíl v poměru doby události a přerušení. V případě vn je přerušení 17krát kratší než doba události. U vvn je 1532krát kratší. Tento jev si vysvětluji tím, že většina vvn transformoven má 100% zálohu výpadku záložním transformátorem nebo přemanipulací sítě 110 kV. Ze střední doby přerušení vyplývá, že toto přepojení transformátoru trvá v průměru pouhých 8 minut, jelikož je prováděna dálkově dispečerem.

Po konzultaci s provozovatelem DS bylo zjištěno, že nešlo o poruchy kabelu vvn viz **Tab. 9**, ale o poruchy kabelů vn transformátorů vvn/vn. Doba nedodávky je tady ovlivněna hašením a odvětráváním rozvodny. Zemní spojení na kabelu mezi transformátorem a rozvodnou je sice v ochranné zóně rozdílové ochrany, ale proud této poruchy je mnohem nižší než nastavení ochrany. Tato porucha tedy hoří dlouho, až dispečer vypne všechny vedení a zemní spojení stále trvá, pak vypíná transformátor, jelikož porucha je na jeho vývodovém kabelu vn.

## 6.4.Srovnání s metodikou 22/80 ČEZ

V roce 1974 vyšla „Provozně technická pravidla ČEZ a SEP 2/74“, která sjednotila sledování poruch, výpadků a porušených prvků pro všechny rozvodné závody v celém tehdejším Československu. Od roku 1975 začala firma ORGREZ spravovat tuto databázi pro Českou republiku podle nových pravidel.

V roce 1990 se jednotlivé rozvodné podniky osamostatnily, a proto přestala být společná databáze dále tvořena a každá společnost si začala vytvářet vlastní systémy sledování spolehlivosti.

Ještě dnes se pro spolehlivostní výpočty používají vstupní údaje vycházející z přílohy metodiky 22/80 ČEZ. Vzhledem k době vzniku je logické, že jsou údaje již zastaralé a je nutno je aktualizovat. [11]

Tab. 10 Srovnání spolehlivostních parametrů metodiky ČEZ s mou databází

Poškozené zařízení	ČEZ 22/80		2008-2016	
	$\lambda$ (rok-1)	$\tau$ (h)	$\lambda$ (rok-1)	$\tau$ (h)
Kabel 22 kV	14,5	215	4,3537	162
Vodič 22 kV	14	3	1,5545	31,4
Vodič 110 kV	5,2	3,5	0,2024	22,7
Transformátor vn / nn	0,03	2500	0,0058	60,7
Transformátor 110 kV / vn	0,04	1300	0,0187	218,9
Vypínač výkonový 22 kV	0,015	30	0,0086	367,8
Vypínač výkonový 110 kV	0,01	100	0,0237	29

V **Tab. 10** vidíme, že metodika ČEZ se nezabývá všemi prvky, ale pro 110 a 22 kV pouze těmito sedmi. Z toho důvodu není srovnání zcela objektivní.

Má databáze má téměř všechny intenzity poruch  $\lambda$  menší než metodika ČEZ. Jedině intenzita výkonového vypínače 110 kV je nepatrně vyšší. Jediné, co z hlediska intenzity i střední doby poruchy  $\tau$  řádově odpovídá je kabel 22 kV a výkonový vypínač 110 kV.

U výkonového vypínače 22 kV téměř odpovídá intenzita poruch, ale střední doba poruchy je v mé databázi desetkrát delší, a to možná z důvodu, že v metodice ČEZ nepočítali celou opravu, ale pouze výměnu za nový kus.

Naopak tomu je u obou transformátorů, kde v metodice ČEZ pravděpodobně počítali celou dobu opravy, jelikož jejich střední doba poruchy je mnohem větší.



## 7. Analýza vlivu dlouho trvajících výpadků na tyto parametry

Následně provedu analýzu dlouho trvajících výpadků pro různé dlouhé časy trvání napěťového výpadku a poruchy.

Jelikož jsem potřeboval porovnat a přiřadit počet daných délek ve dvou různých množinách (např. 1 množina „Ochrana proti přepětí“ a její podmnožina „Ventilová bleskojistka“ použil jsem podmínku (funkce **KDYŽ**) – která mi určuje, zda se jedná o danou množinu nebo její podmnožinu. V podmínce jsem definoval pomocí funkce **COUNTIF** počet délek pro dané kritérium množiny. Pokud se **COUNTIF** počet délek dané množiny rovnal 0, jednalo se o podmnožinu daného kritéria. Pokud se **COUNTIF** nerovnal 0, jednalo se stále o danou množinu podle kritéria. Následně jsem použil funkci **COUNTIFS**, která mi vždy spočítala počet délek, jak pro množinu, tak pro podmnožinu.

### 7.1.Doba přerušení delší než 3 minuty

Podle přílohy č. 4 k vyhlášce č. 540/2005 Sb. je dlouhotrvající přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny takový výpadek, který je delší, než 3 minuty. V **Tab. 11** a **Tab. 12** jsem neuvedl dobu události, jelikož nezávisí na době výpadku.

Tab. 11 Počet dlouhodobých výpadků nad 3 min pro vn

Prvek	Počet poruch	Doba přerušení (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	(T3-T0)>3min	3min/celk
automatika	21	0:11:00	0,0070	1	4,8%
ochrany pro transformátory	6	8:34:30	0,0088	2	33,3%
ochrany pro vedení a kabely	31	9:13:20	0,0016	4	12,9%
omezovače přepětí	77	143:13:37	0,0010	54	70,1%
stožár	410	2367:38:42	0,0005	296	72,2%
transformátor vn/nn	509	1838:04:27	0,0058	444	87,2%
úsečník	607	700:28:55	0,0049	256	42,2%
ventilová bleskojistka	52	75:45:54	0,0007	36	69,2%
vypínač výkonový	120	50:26:19	0,0086	32	26,7%
vodič	1087	7015:39:10	1,5545	1004	92,4%
kabel	869	2023:03:35	4,3537	706	81,2%
<b>Celkový součet</b>	<b>3789</b>	<b>14232:19:29</b>		<b>2835</b>	<b>74,8%</b>

v **Tab. 11** se změnil počet poruch, doba,  $\lambda$  i  $\tau$ , pokud odfiltrujete údaje menší než 3 min.

Již v kapitole 6.3 jsem zdůvodnil, proč má automatika tak krátkou dobu přerušení, a to z důvodu, že se neúčastní distribuce silové energie. Ze stejného důvodu má nejméně dlouhotrvajících přerušení. Zajímavým zjištěním shledávám fakt, že ochrany pro transformátory mají z prvků největší intenzitu poruch, a přitom k přerušení delšímu, než tři minuty došlo pouze dvakrát. Na poruchu ochrany transformátoru se většinou přijde při revizi, a proto má malý počet dlouhodobých přerušení.

Dalším extrémním případem je transformátor vn/nn, který měl 87,2 % poruch dlouhodobých, a to 444 z 509. Vysvětlují si to tím, že porucha transformátoru bývá většinou destruktivní a transformátor

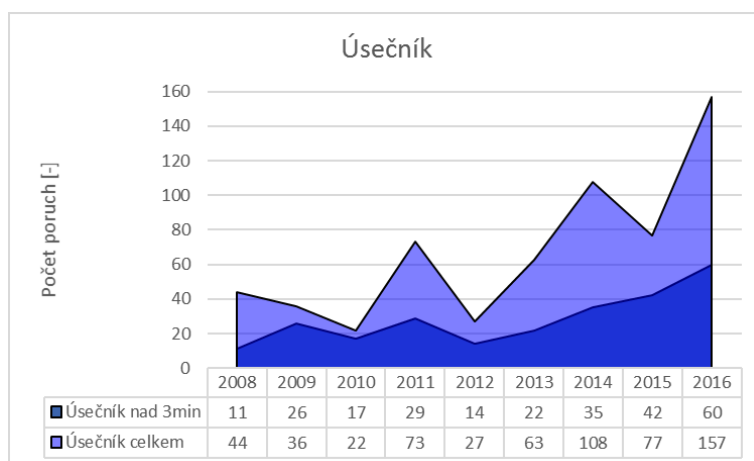
je nutno vyměnit. V případě, že nedojde k destrukci, je nutné, aby k transformátoru přijela poruchová služba a před zapnutím jej důkladně zkontrolovala. Další důvod dlouhodobosti těchto výpadků je, že nějakou dobu trvá, než se vedení přepojí na jinou trafostanici. Většina těchto poruch souvisí s krádeží oleje. Střední doba přerušení dodávky elektrické energie se u transformátoru pohybuje okolo tří hodin, ale při bližším prozkoumání databází jsem zjistil, že výpadky jsou mnohdy dlouhé až desítky hodin.

Omezovače přepětí jsou také zařízení zapojená mezi fází a zemí, jedná se o varistor vyrobený pro určitou charakteristiku strmosti změny napětí. V sítích vysokého napětí dochází často k „pomalým přepětím“ při upálené přeponce vodiče vn, která způsobí značnou kapacitní nesymetrii proti zemi, což vyvolá přepětí v utržené fázi o velikosti větší, než je sdružené napětí. Zmíněný omezovač přepětí se otevře jenom částečně a zničí se tepelně, jelikož je vyrobený na napěťové změny blesku, které jsou strmé a rychlé.

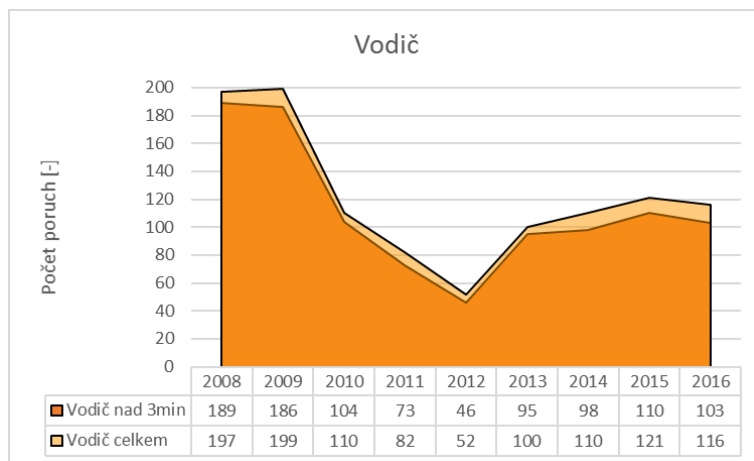
V případě vodiče jsme si již největší dobu přerušení objasnili a ze stejného důvodu pouze 83 poruch z 1087 nebyly dlouhodobé, což je 7,65 %. Střední doba přerušení u vodiče činí 6,5 hodin, jelikož při přetržení vedení trvá jeho oprava poměrně dlouho. U kabelu je to obdobné, jen dlouhodobých bylo 81,2 % ze všech poruch při střední době přerušení 2 hodiny. Dle mého názoru je střední doba přerušení u kabelu menší než u venkovního vedení, protože kabelová síť je mnohem hustší, takže lze poruchový úsek odpojit a odběrná místa napájet z jiné strany.

Při celkovém součtu všech poruch na hladině vn došlo k dlouhodobým výpadkům elektrické energie v 74,8 % případů, a to u 2835 z 3789.

Pro grafické znázornění průběhu výpadků delších, než 3 minuty jsem si vybral z hladiny vn úsečník, venkovní vodič a kabel. Průběhy na **Obr. 31** až **Obr. 33** znázorňují výskyt poruch daného prvku v jednotlivých letech, přičemž tmavší barva odpovídá poruchám, při nichž nastala doba přerušení delší než 3 minuty.

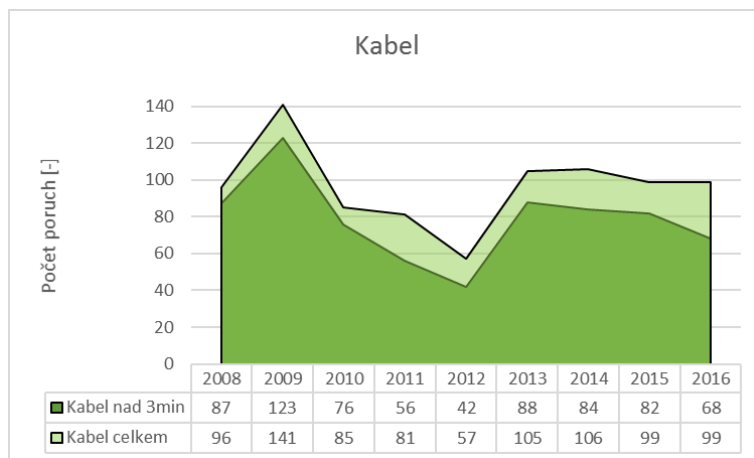


*Obr. 31 Průběh přerušení nad 3 min pro úsečník*



*Obr. 32 Průběh přerušení nad 3 min pro vodič vn*

Z **Obr. 32** vidíme, že průběh dlouhodobých výpadků kopíruje průběh všech poruch, což potvrzuje fakt, že porucha vodiče má ve většině případů za následek napěťový výpadek delší, než 3 minuty.



*Obr. 33 Průběh přerušení nad 3 min pro kabel vn*

Při zhodnocení **Obr. 33** je oproti **Obr. 32** znát větší pásmo, kdy k přerušení delšímu než 3 minuty nedošlo. Důvodem je možnost přepojení díky husté kabelové síti.

Tab. 12 Počet dlouhodobých výpadků nad 3 min pro vvn

Prvek	Počet poruch	Doba přerušení (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	(T3-T0) >3min	3min/celk
automatika	1	0:00:00	0,0007	0	0,0%
ochrany pro transformátory	1	0:00:00	0,0002	0	0,0%
ochrany pro vedení a kabely	17	0:00:00	0,0041	0	0,0%
omezovače přepětí	3	0:00:00	0,0009	0	0,0%
stožár	24	3:25:45	0,0005	6	25,0%
vypínač výkonový	95	6:28:21	0,0237	6	6,3%
transformátor proudu	12	0:00:00	0,0013	0	0,0%
transformátor napětí - induktivní	10	10:17:18	0,0014	5	50,0%
transformátor 110 kV/vn	21	3:03:35	0,0187	9	42,9%
vodič	40	0:53:00	0,2024	4	10,0%
kabel	3	0:51:12	16,6667	1	33,3%
<b>Celkový součet</b>	<b>227</b>	<b>24:59:11</b>		<b>31</b>	<b>13,7%</b>

Ze zhodnocení **Tab. 12** vyplývá, že vzhledem k velkému rozdílu počtu poruch vůči vn, je také počet dlouhodobých přerušení minimální. Při celkovém součtu všech poruch na hladině vvn došlo k dlouhodobým výpadkům elektrické energie v pouhých 13,7 % případech, a to u 31 z 227. Tak malé procento je způsobeno hned několika důvody.

- Vedení vvn má velká ochranná pásma, takže na něj nedochází k pádům stromů a vede od rozvodny k rozvodně.
- Má zemní lano, které slouží jako ochrana před bleskem viz. *Sít' TT pro vvn*, z toho důvodu nedochází při bouři k velkým přepětím, tím k destrukci zařízení a omezení dodávky.
- Sít' vvn je mnohem méně hustá, tím pádem je zde menší pravděpodobnost poruchy.
- Veškeré zařízení jsou v bezpečí rozveden, proto nemůže docházet ke krádeži oleje transformátoru a jiného poškození.
- Výkonové vypínače vvn mají tři pohony pro každou fázi zvlášť, dokáží tedy povelom ochrany vypínat pouze postiženou fázi. Nazývá se to OZ 3+1, to znamená, že se buď vypíná jedna fáze, nebo tři.

Nejvíce dlouhodobých přerušení nastalo u transformátoru 110 kV/vn, a to k 9 z 21 případů, což činí 42,9 %. Spoustu těchto výpadků je způsobena zvěří, která vyleze na průchodky. Rozdílová ochrana transformátoru poté oboustranně vypne.

Další procentuálně vysoký počet dlouhodobých výpadků je u PTN, u kterého je pravděpodobnost výpadku delšího, než 3 minuty 50 %, u 5 poruch z 10. Mimo počet dlouhodobých přerušení je u PTN zajímavá i její celková doba, která je ovlivněna největším namáháním přepěťovými jevy viz. kapitola 6.3.

## 7.2.Doba poruchy delší než 24 hodin

V předchozí kapitole jsem analyzoval výpadky elektrické energie, kdežto nyní budu analyzovat dobu poruchy prvků, což je čas od nahlášení poruchy až po samotné opravení zařízení, nebo jeho náhradu novým. Délka sledovaných poruch je v intervalu 24 hodin až jednoho měsíce.

Tab. 13 Počet dlouhodobých událostí nad 24 h pro vn

Prvek	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)	(T4-T0) >24h	24h/celk
automatika	21	10616:36:18	0,0070	505:33:09	8	38,1%
ochrany pro transformátory	6	706:06:30	0,0088	117:41:05	1	16,7%
ochrany pro vedení a kabely	31	9361:01:35	0,0016	301:58:07	12	38,7%
omezovače přepětí	77	13862:05:49	0,0010	180:01:38	7	9,1%
stožár	410	35215:38:28	0,0005	85:53:31	55	13,4%
transformátor vn/nn	509	30908:41:58	0,0058	60:43:28	28	5,5%
úsečník	607	222424:43:08	0,0049	366:25:58	111	18,3%
ventilová bleskojistka	52	5839:37:21	0,0007	112:18:02	4	7,7%
vypínač výkonový	120	44139:38:56	0,0086	367:49:49	34	28,3%
vodič	1087	34146:11:42	1,5545	31:24:48	88	8,1%
kabel	869	140815:51:35	4,3537	162:02:37	471	54,2%
<b>Celkový součet</b>	<b>3789</b>	<b>548036:13:20</b>			<b>819</b>	<b>21,6%</b>

Z celkového počtu poruch 3789 bylo 819 delších než 24 h. Tento poměr odpovídá 21,6 % případů.

Nejméně dlouhodobých poruch měly ochrany pro transformátory, ale současně největší intenzitu poruch.

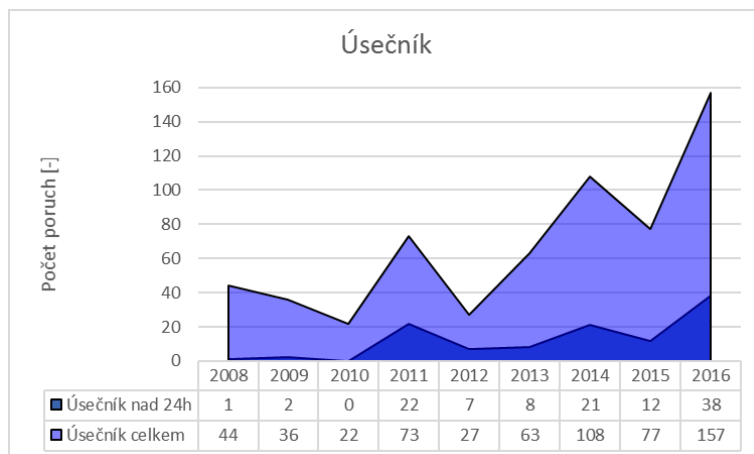
Extrémním případem se svými 111 dlouhodobými poruchami je úsečník. Současně má po automatické a výkonovém vypínači největší střední dobu poruchy. Porucha může nastat při zapnutí úsečníku do zkratu, často se k sobě růžky svaří a úsečník pak nejde rozpojit. V tomhle stavu lze sepnutý úsečník dále provozovat, takže výměna tolik nespěchá a z toho plyne jeho dlouhodobost poruch.

Nejdelší střední dobu poruchy má automatika, u které sice nenastalo moc dlouhodobých poruch, ale vzhledem k malému počtu celkových poruch má procentuálně největší četnost těch dlouhodobých, a to 38,1 %. Častou příčinou bývá vybití interní baterie, pak se automatika přepne do továrního nastavení s jinými parametry v německém jazyce.

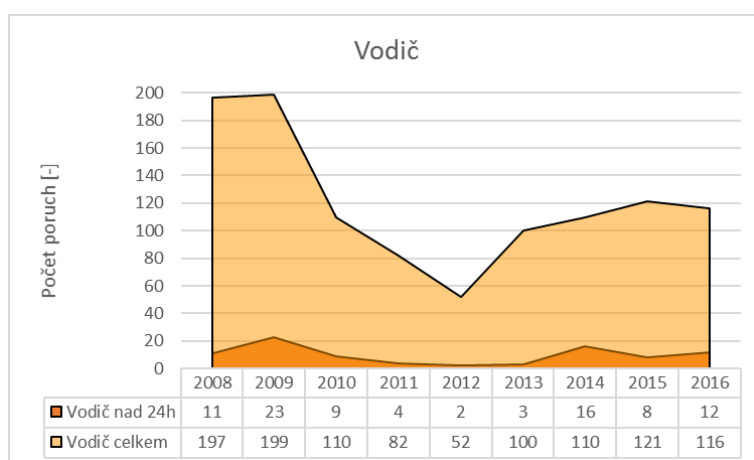
Při porovnání vedení vidíme, že spolehlivostní parametry kabelu jsou mnohem větší než vodiče. Především intenzita poruch kabelu je tři krát větší, a to z důvodu větší četnosti poruch na 100 km délky. Kabel je zajímavý i svou střední dobou poruchy, ve které je 54,2 % poruch dlouhodobých. Naopak u vodiče jde o pouhých 8,1 %. Tenhle fakt si vysvětluji tím, že u kabelového vedení je mnohem obtížnější poruchu najít a opravit.

Po celkovém zhodnocení mohu říct, že prvek s dlouhodobou poruchou má i velkou střední dobu poruchy.

Průběhy na **Obr. 34** až **Obr. 36** znázorňují výskyt poruch daného prvku v jednotlivých letech, přičemž tmavší barva odpovídá poruchám, které byly delší než 24 h.

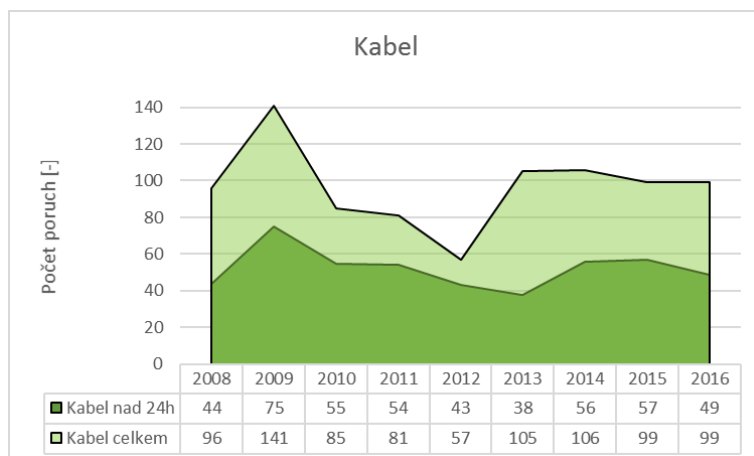


*Obr. 34 Průběh poruch nad 24 h pro úsečník*



*Obr. 35 Průběh poruch nad 24 h pro vodič vn*

Z **Obr. 35** můžeme tvrdit, že u venkovního vedení nezávisí počet dlouhodobých poruch na počtu celkových poruch, jelikož průběh dlouhodobých nekopíruje tvar celkových. Naopak tomu je u kabelu na **Obr. 36**, kde mají průběhy podobný tvar.



*Obr. 36 Průběh poruch nad 24 h pro kabel vn*

Při porovnání **Obr. 35** a **Obr. 36** vidíme velký rozdíl v šířce tmavého pásma, tudíž se nám potvrzuje předchozí tvrzení, že kabelové vedení se daleko hůř opravuje.

Z **Obr. 34** vyplývá, že pro úsečník byl nejporuchovější rok 2016. V případě vodiče a kabelu rok 2009.

Tab. 14 Počet dlouhodobých událostí nad 24 h pro vvn

Prvek	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)	(T4-T0) 24h/celk >24h	
automatika	1	100:21:00	0,0007	100:21:00	1	100,0%
ochrany pro transformátory	1	1:10:00	0,0002	1:10:00	0	0,0%
ochrany pro vedení a kabely	17	3669:19:37	0,0041	215:50:34	1	5,9%
omezovače přepětí	3	372:19:33	0,0009	124:06:31	1	33,3%
stožár	24	3827:09:13	0,0005	159:27:53	7	29,2%
vypínač výkonový	95	2760:24:39	0,0237	29:03:25	19	20,0%
transformátor proudu	12	980:21:40	0,0013	81:41:48	2	16,7%
transformátor napětí - induktivní	10	2094:56:13	0,0014	209:29:37	5	50,0%
transformátor 110 kV/vn	21	4595:59:58	0,0187	218:51:26	8	38,1%
vodič	40	908:32:48	0,2024	22:42:49	11	27,5%
kabel	3	2807:01:39	16,6667	935:40:33	0	0,0%
<b>Celkový součet</b>	<b>227</b>	<b>22117:36:20</b>			<b>55</b>	<b>24,2%</b>

Z celkového počtu poruch 227 bylo 55 delších než 24 h. Tento poměr odpovídá 24,2 % případů, což je o 2,6 % více než u vn.

Nejvíce dlouhodobých poruch nastalo u výkonových vypínačů, které jsou ve většině případů příliš staré a mnohdy se jedná o maloolejové s tlakovzdušným pohonem.

U automatiky sice nastala pouze jedna porucha, ale i tato byla delší než 24 h.

Z hlediska procentuální četnosti dlouhodobých poruch dominuje také transformátor 110 kV/vn, který byl ve 38 % v poruše delší než 24 h z důvodu velké potřeby času na jeho opravu, či výměnu.

Padesátí procentní výskyt dlouhodobých poruch má PTN, jelikož je zapojen mezi fází a zemí, a proto podléhá největším přepětím. Při opravě i výměně je zapotřebí opravu pečlivě naplánovat a linku napájet z pomocné přípojnice.

Naopak tomu je u PTP, který je zapojený sériově s vodičem, neovlivňují ho přepětí, a proto má menší poruchovost.

### 7.3.Doba poruchy delší než měsíc

V této kapitole budu analyzovat doby poruch prvků, které budou delší, než 720 hodin tzn. jeden měsíc.

Tab. 15 Počet dlouhodobých událostí nad měsíc pro vn

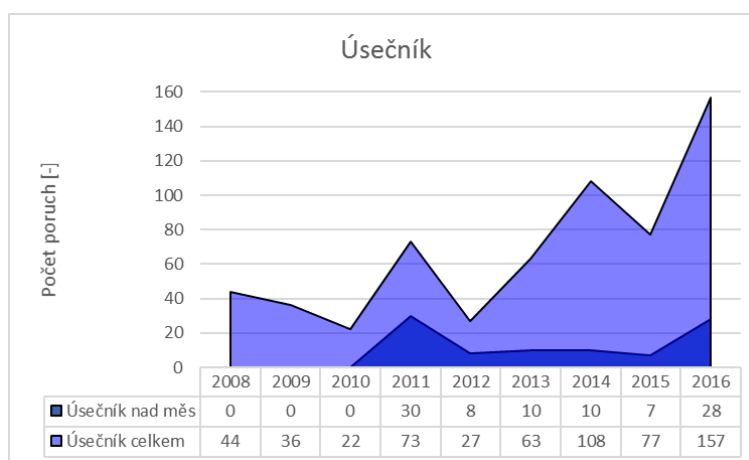
Prvek	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)	(T4-T0) >měsíc	měs/celk
automatika	21	10616:36:18	0,0070	505:33:09	4	19,0%
ochrany pro transformátory	6	706:06:30	0,0088	117:41:05	0	0,0%
ochrany pro vedení a kabely	31	9361:01:35	0,0016	301:58:07	2	6,5%
omezovače přepětí	77	13862:05:49	0,0010	180:01:38	4	5,2%
stožár	410	35215:38:28	0,0005	85:53:31	14	3,4%
transformátor vn/nn	509	30908:41:58	0,0058	60:43:28	7	1,4%
úsečník	607	222424:43:08	0,0049	366:25:58	93	15,3%
ventilová bleskojistka	52	5839:37:21	0,0007	112:18:02	2	3,8%
vypínač výkonový	120	44139:38:56	0,0086	367:49:49	8	6,7%
vodič	1087	34146:11:42	1,5545	31:24:48	11	1,0%
kabel	869	140815:51:35	4,3537	162:02:37	36	4,1%
<b>Celkový součet</b>	<b>3789</b>	<b>548036:13:20</b>			<b>181</b>	<b>4,8%</b>

Z celkového počtu 3789 poruch bylo 181 delších než měsíc. Tento poměr odpovídá pouhým 4,8 % případů a vyplývá z něj, že většina zařízení se stihne opravit dříve než za měsíc.

Z výsledné procentuální četnosti poruch nad jeden měsíc se opět potvrdil fakt předchozí kapitoly, že úsečník může být provozována při poruše viz. **Obr. 37** a automatika se při poruše vypne.

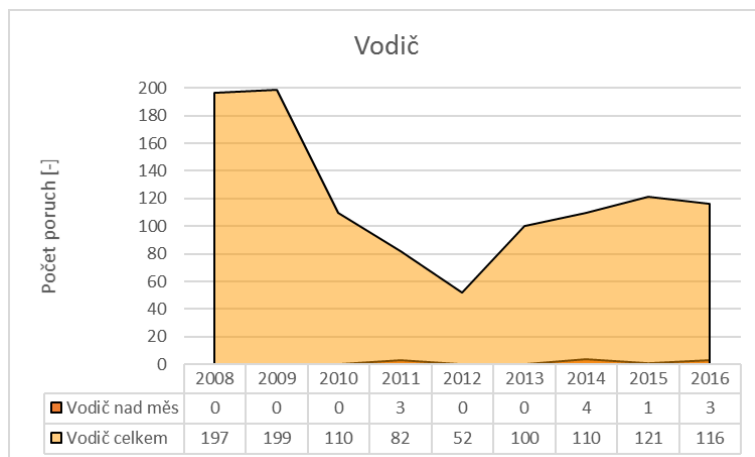
K mému překvapení už v tabulce nedominuje kabelové vedení, takže i to se v 95,9 % stihne opravit viz. **Obr. 39**.

Průběhy na **Obr. 37** až **Obr. 39** znázorňují výskyt poruch daného prvku v jednotlivých letech, přičemž tmavší barva odpovídá poruchám, které byly delší než jeden měsíc.

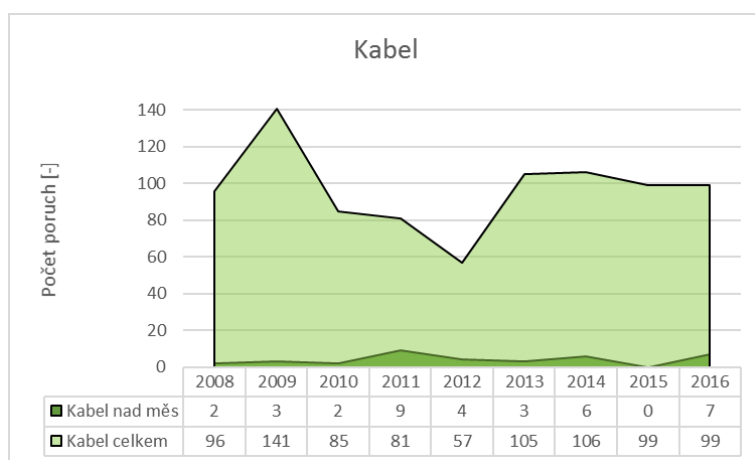


Obr. 37 Průběh poruch nad měsíc pro úsečník





*Obr. 38 Průběh poruch nad měsíc pro vodič vn*



*Obr. 39 Průběh poruch nad měsíc pro kabel vn*

Tab. 16 Počet dlouhodobých událostí nad měsíc pro vvn

Prvek	Počet poruch	Doba události (h:m:s)	$\lambda$ (rok <sup>-1</sup> )	$\tau$ (h:m:s)	(T4-T0) >měsíc	měs/celk
automatika	1	100:21:00	0,0007	100:21:00	0	0,0%
ochrany pro transformátory	1	1:10:00	0,0002	1:10:00	0	0,0%
ochrany pro vedení a kabely	17	3669:19:37	0,0041	215:50:34	3	17,6%
omezovače přepětí	3	372:19:33	0,0009	124:06:31	0	0,0%
stožár	24	3827:09:13	0,0005	159:27:53	2	8,3%
vypínač výkonový	95	2760:24:39	0,0237	29:03:25	0	0,0%
transformátor proudu	12	980:21:40	0,0013	81:41:48	1	8,3%
transformátor napětí - induktivní	10	2094:56:13	0,0014	209:29:37	1	10,0%
transformátor 110 kV/vn	21	4595:59:58	0,0187	218:51:26	2	9,5%
vodič	40	908:32:48	0,2024	22:42:49	0	0,0%
kabel	3	2807:01:39	16,6667	935:40:33	2	66,7%
<b>Celkový součet</b>	<b>227</b>	<b>22117:36:20</b>			<b>11</b>	<b>4,8%</b>

Při porovnání celkového podílu poruch nad měsíc pro vn a vvn se procentuální podíl téměř neliší.

Největší počet dlouhodobých poruch nastal třikrát u ochran pro vedení a kabely, kde toto číslo činí 17,6 % z celkového počtu poruch dané ochrany.

V **Tab. 16** jsou počty poruch pro PTP a PTN delších než měsíc vyrovnané, v obou případech došlo k tak dlouhé poruše pouze jednou.

Poruchy kabelu vvn nebudu hodnotit z důvodu, který jsem uvedl již v kapitole **6.3**, nejednalo se o kabel vvn, ale vn.

Za povšimnutí stojí, že prvky, u kterých došlo k poruše delší než jeden měsíc, mají ve většině případů větší střední dobu poruchy než prvky, u kterých tak dlouhá porucha nenastala.

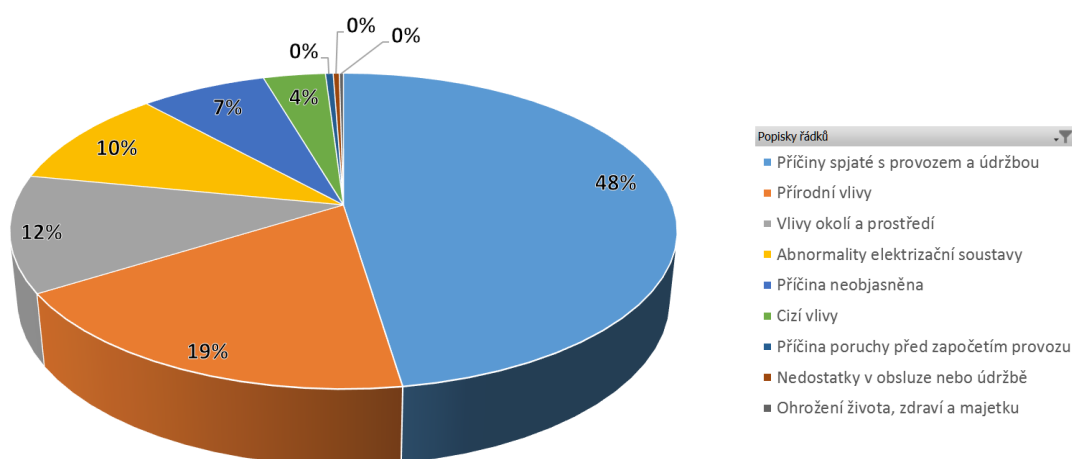
## 8. Analýza příčin poruch

V prvním kroku jsem provedl analýzu pro první úroveň za celou devítiletou databázi pro všechny poruchy, i ty bez poškození zařízení. V databázi každého roku jsem si vytvořil další kontingenční tabulku, do níž jsem přidal sloupec **78 Skup.kódů - příčiny – text** a jeho počet do druhého sloupce. Výsledné tabulky jsem zkopíroval do nového souboru, kde jsem pomocí další kontingenční tabulky zjistil celkový počet poruch z dané příčiny a jejich procentuální podíl - **Tab. 17**.

Tab. 17 Příčiny poruch pro vn

Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Příčiny spjaté s provozem a údržbou	8807	47,53%
Přírodní vlivy	3432	18,52%
Vlivy okolí a prostředí	2212	11,94%
Abnormality elektrizační soustavy	1883	10,16%
Příčina neobjasněna	1328	7,17%
Cizí vlivy	653	3,52%
Příčina poruchy před započetím provozu	81	0,44%
Nedostatky v obsluze nebo údržbě	64	0,35%
Ohrožení života, zdraví a majetku	44	0,24%
Vynucená vypnutí	12	0,06%
Stav nouze	3	0,02%
Plánované práce	3	0,02%
Neoprávněné odběry	3	0,02%
Nebezpečí z prodlení (ohrožení provozu)	2	0,01%
snížený izolační stav	1	0,01%
Linie VN	1	0,01%
<b>Celkový součet</b>	<b>18529</b>	

Kvůli lepší přehlednosti jsem z **Tab. 17** odfiltroval vlivy pod 0,1 % a vytvořil z nich graf na **Obr. 40**.



Obr. 40 Příčiny poruch pro vn

## 8.1. Analýza příčin poruch venkovního vedení vn

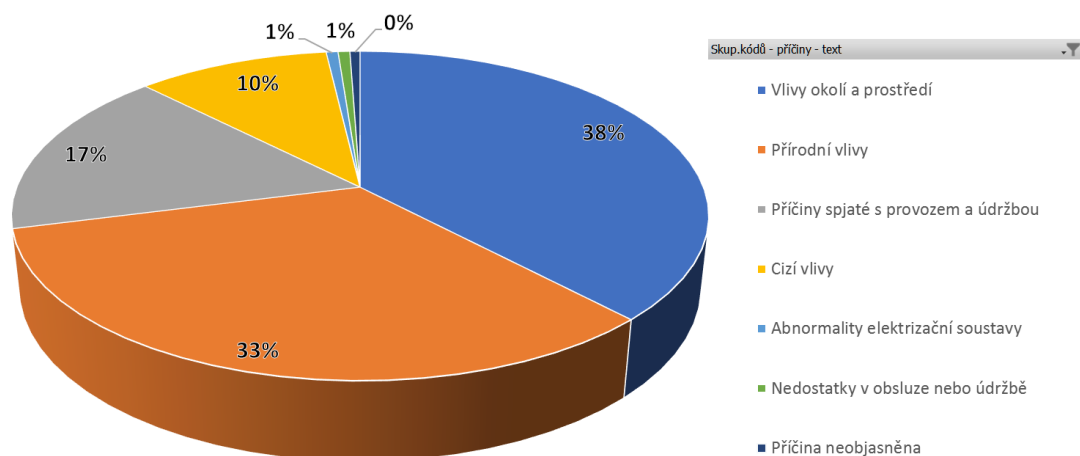
Pro podrobnější analýzu jsem si vybral vodič venkovního vedení 22 kV, a to z důvodu největšího počtu poruch a nejčastějšího výskytu omezení dodávky elektrické energie nad 3 minuty.

Z celé databáze vn o devíti souborech jsem si vyfiltroval pouze vodič a data zkopíroval do nového souboru **VN\_analyza vodice**, čímž jsem získal jeho podrobnou devítiletou databázi. Na dalším listu jsem vytvořil kontingenční tabulku, jež čerpala data z celé databáze vodiče.

Tab. 18 Základní členění příčin poruch vodiče vn

Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Vlivy okolí a prostředí	409	37,63%
Přírodní vlivy	357	32,84%
Příčiny spjaté s provozem a údržbou	179	16,47%
Cizí vlivy	114	10,49%
Abnormality elektrizační soustavy	7	0,64%
Nedostatky v obsluze nebo údržbě	7	0,64%
Příčina neobjasněna	6	0,55%
Ohrožení života, zdraví a majetku	4	0,37%
Příčina poruchy před započetím provozu	2	0,18%
Linie VN	1	0,09%
Vynucená vypnutí	1	0,09%
<b>Celkový součet</b>	<b>1087</b>	<b>100,00%</b>

Kvůli lepší přehlednosti jsem z **Tab. 18.** odfiltroval vlivy pod 0,5 % a vytvořil z nich graf.



Obr. 41 Příčiny poruch pro vodič vn

Z výsledků **Obr. 41** je jasné, že největší podíl na poruchovost venkovního vedení vn mají vlivy prostředí a přírody. Z toho důvodu jsem se rozhodl tyto dvě příčiny podrobněji rozvést.

## Vlivy okolí a prostředí

Tato kapitola analyzuje druhou úroveň poruch vodičů vn.

Tab. 19 Příčiny poruch vodiče vn vlivem okolí a prostředí

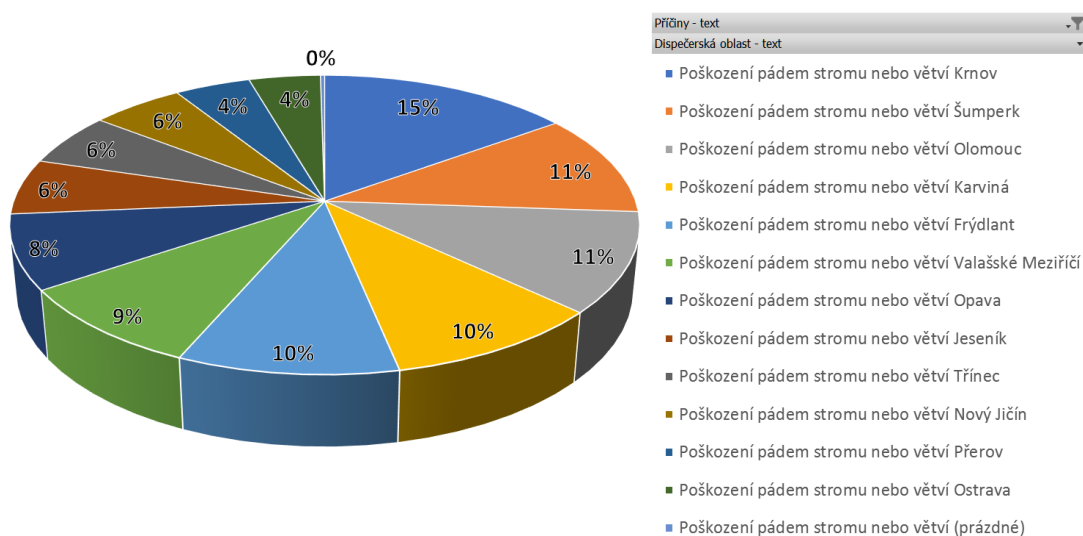
Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Poškození pádem stromu nebo větví	398	97,31%
Poškození živočichy	7	1,71%
Havárie nebo exploze jiných zařízení	2	0,49%
Pohyb půdy, důlní vlivy	2	0,49%
<b>Celkový součet</b>	<b>409</b>	<b>100,00%</b>

Z tabulky jde vidět, že nejčastější příčinou poruchy je pád stromu, a to z důvodu, že venkovní vedení vn nemá ochranná pásma velká jako vedení vvn, ale často vede přes husté lesy a podél zalesněných cest. Pokud se vykáčí všechny stromy v ochranném pásmu, což je pro 22 kV 7 m od krajního vodiče, stane se tento zásah kontraproduktivní. Stromy, které byly dříve uprostřed lesa, jsou nyní na kraji a silnější vítr je shodí do vedení, které utrhne, jelikož při delším pádu dosáhne větší rychlosti a tím větší energie. Z toho důvodu je výhodné používat izolované vodiče s malým ochranným pásmem. O toto vedení se strom pouze opře a nepřetrhne.

Zajímaly mě oblasti, ve kterých nejčastěji dochází k pádům stromů na venkovní vedení, tak jsem si v kontingenční tabulce přidal sloupec Dispečerské oblasti viz. **Tab. 20** a **Obr. 42**.

Tab. 20 Oblasti s poškozením vodiče vn pádem stromu

Dispečerská oblast	Počet poruch	Podíl příčiny
<b>Poškození pádem stromu nebo větví</b>	<b>398</b>	<b>100,00%</b>
Krnov	60	15,08%
Šumperk	44	11,06%
Olomouc	43	10,80%
Karviná	39	9,80%
Frýdlant	39	9,80%
Valašské Meziříčí	36	9,05%
Opava	32	8,04%
Jeseník	24	6,03%
Třinec	23	5,78%
Nový Jičín	22	5,53%
Přerov	18	4,52%
Ostrava	17	4,27%
Nevyplněno	1	0,25%



Obr. 42 Oblasti s poškozením vodiče vn pádem stromu

Oblast Krnov a Šumperk jsou největší oblasti severní Moravy, a proto mají největší výskyt této poruchy. Dalším důvodem je horská oblast Jeseníky, což je námrazová oblast.

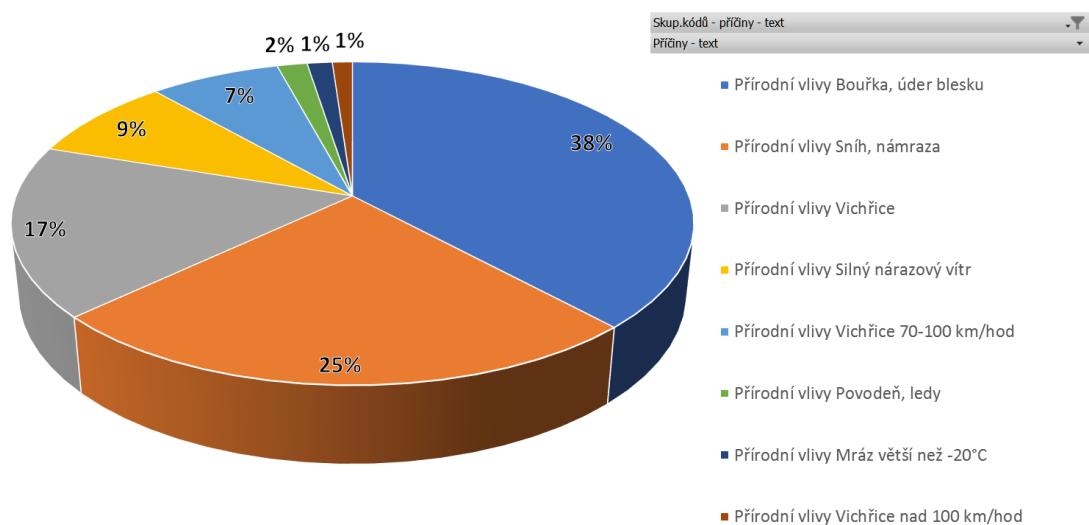
Nejmenší výskyt těchto poruch je v Ostravě, protože je zde nejméně venkovních vedení a většina je kabelových. Z toho důvodu je v Ostravě nejmenší pravděpodobnost pádu stromu na venkovní vedení.

## Přírodní vlivy

Tato kapitola analyzuje druhou úroveň poruch vodičů vn.

Tab. 21 Příčiny poruch vodiče vn přírodními vlivy

Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Bouřka, úder blesku	136	38,10%
Sníh, námraza	89	24,93%
Vichřice	61	17,09%
Silný nárazový vítr	30	8,40%
Vichřice 70-100 km/hod	26	7,28%
Povodeň, ledy	6	1,68%
Mráz větší než -20°C	5	1,40%
Vichřice nad 100 km/hod	4	1,12%
<b>Celkový součet</b>	<b>357</b>	<b>100,00%</b>



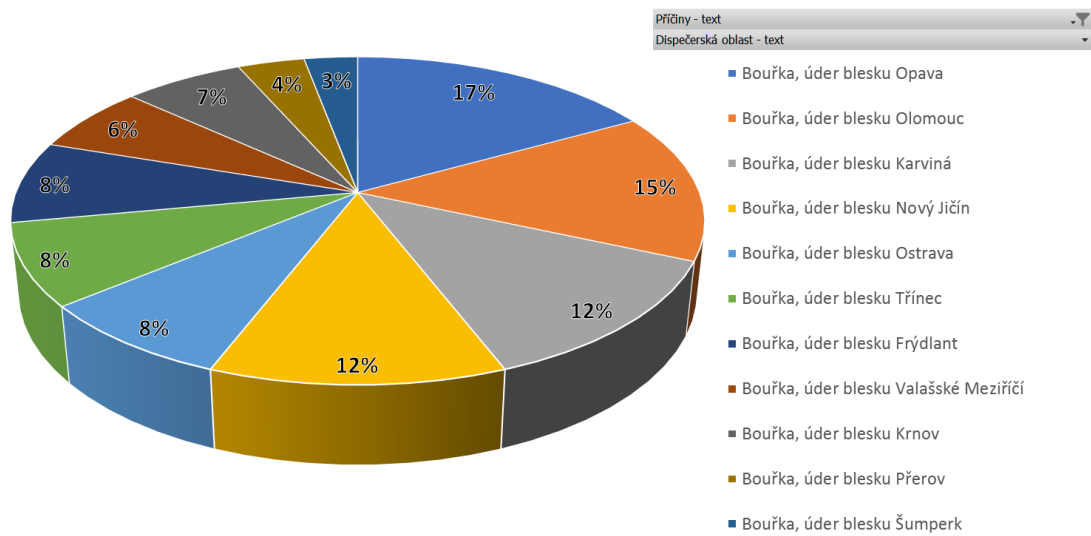
Obr. 43 Příčiny poruch vodiče vn přírodními vlivy

Z analýzy přírodních vlivů jde jasně vidět, že vedení vysokého napětí nemá zemní lano.

Nejčastějším přírodním vlivem, který má za následek poruchu venkovního vn vedení je bouřka, tak jsem pomocí sloupce Dispečerská oblast zjistil oblasti s největší bouřkovou aktivitou viz. **Tab. 22** a **Obr. 44**.

Tab. 22 Oblasti s poškozením vodiče vn bouřkou

Dispečerská oblast	Počet poruch	Podíl příčiny
<b>Bouřka, úder blesku</b>	<b>136</b>	<b>100,00%</b>
Opava	23	16,91%
Olomouc	20	14,71%
Karviná	17	12,50%
Nový Jičín	16	11,76%
Ostrava	11	8,09%
Třinec	11	8,09%
Frýdlant	11	8,09%
Valašské Meziříčí	9	6,62%
Krnov	9	6,62%
Přerov	5	3,68%
Šumperk	4	2,94%



Obr. 44 Oblasti s poškozením vodiče vn bouřkou

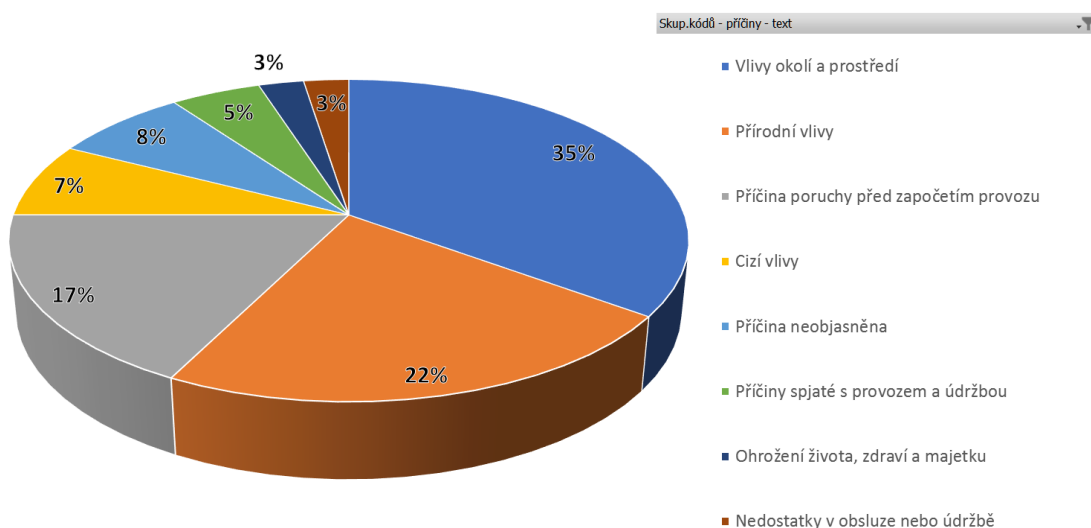


## 8.2. Analýza příčin poruch venkovního vedení vvn

Pro srovnání jsem vytvořil analýzu i pro vodič vvn, jejíž zhodnocení je na **Obr. 45**.

Tab. 23 Základní členění příčin poruch vodiče vvn

Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Vlivy okolí a prostředí	14	35,00%
Přírodní vlivy	9	22,50%
Příčina poruchy před započetím provozu	7	17,50%
Cizí vlivy	3	7,50%
Příčina neobjasněna	3	7,50%
Příčiny spjaté s provozem a údržbou	2	5,00%
Nedostatky v obsluze nebo údržbě	1	2,50%
Ohrožení života, zdraví a majetku	1	2,50%
<b>Celkový součet</b>	<b>40</b>	<b>100,00%</b>



Obr. 45 Příčiny poruch pro vodič vvn

Tab. 24 Příčiny poruch vodiče vvn vlivem okolí a prostředí

Příčina poruch	Počet poruch	Podíl příčiny
Poškození pádem stromu nebo větví	13	92,86%
Poškození živočichy	1	7,14%
<b>Celkový součet</b>	<b>14</b>	<b>100,00%</b>

## 9. Závěr

V úvodu své práce jsem popsal elektrické distribuční sítě, kde způsob uzemnění uzlu má zásadní vliv na zvolený systém chránění. V distribuční soustavě se většinou používá kompenzovaná síť, a to i v čistě kabelových oblastech. Dále jsem popsal všechny typy přístrojů používané v distribuční síti.

V teoretickém rozboru výpočtu spolehlivosti jsem vysvětlil základní pojmy této problematiky a vyjádřil vzorce použité v další praktické části.

Do části současná legislativa jsem vybral a popsal zákony a vyhlášky související s provozem distribuční soustavy. Největší důraz jsem kladl na Pravidla provozování distribučních soustav, které shrnují uvedenou legislativu do jednoho dokumentu pro snazší aplikaci v praxi.

V kapitole zabývající se analýzou konkrétních dat jsem upravoval data na jednotný formát pro snazší zpracování, což představovalo hodně ruční práce v Excelu. Při zjišťování počtu prvků v síti bylo zapotřebí převést zadané kódy prvků na text podle napěťových hladin. Zde jsem převážně používal funkci SVYHLEDAT, která mi hodně usnadnila práci. Při těchto úpravách bylo nalezeno spoustu chybných řádků ve vstupní databázi, které jsem v dalších výpočtech neuvažoval.

V kapitole zabývající se vývojem spolehlivostních parametrů jsem z databází určoval potřebné údaje pro výpočet spolehlivostních parametrů. Tyto parametry jsem následně srovnal s metodikou ČEZ 22/80. Zjistil jsem značné rozdíly, jelikož původní metodika je zastaralá a tvořená ručním zápisem dat, a navíc tehdy nebyl řídicí systém, který by zaznamenával všechny události. V současné době jsou v sítích nainstalovány spolehlivější zařízení s menším nárokem na údržbu.

Analýzu vlivu dlouhotrvajících výpadků na spolehlivostní parametry jsem prováděl pro tři délky poruch, a to dobu přerušení elektrické energie nad 3 minuty, pro dobu trvání poruchy nad 24 hodin a pro dobu trvání poruchy nad jeden měsíc. Zde je vidět zásadní rozdíl mezi dobou přerušení a dobou trvání poruchy. Nejvýznamnější podíl na době přerušení nad 3 minuty mají poruchy vodiče vn a PTN vvn. Nejvýznamnější podíl na době poruchy nad 24 hodin mají poruchy kabelu vn a vypínače vvn. Nejvýznamnější podíl na době poruchy nad jeden měsíc mají poruchy úsečníku vn. Na hladině 110 kV jsou tak dlouhé poruchy výjimkou.

V analýze příčin poruch jsem sumarizoval nejprve základní příčiny, kde nejvýznamnější jsou spjaté s provozem a údržbou. Z předchozí analýzy vyšlo, že nejporuchovějším prvkem je vodič vn, proto jsem v detailnější analýze zjišťoval příčiny oné poruchovosti. Nejvýznamnější příčinou poruchy vodiče vn jsou vlivy okolí a prostředí, které jsem analyzoval hlouběji. Největší podíl má poškození pádem stromů nebo větví, proto jsem jej dále analyzoval podle oblastí. Nejrizikovější oblasti podle této příčiny jsou Krnov a Šumperk, což jsou lesnaté oblasti Jeseníků. Dále jsem analyzoval detailněji přírodní vlivy, kde nejrizikověji vyšla bouřka, sníh a námraza. Nejvýznamnější příčina poruchy vodiče vvn jsou také vlivy okolí a prostředí, jehož dominantní složkou je poškození pádem stromu. Četnost těchto poruch na vvn je ve srovnání s pádem stromu na vedení vn zanedbatelná.

Jelikož jsem si chtěl práci do jisté míry usnadnit a co nejvíce ji zautomatizovat, tak bylo během zpracovávání databáze zapotřebí naučit se spoustě nových funkcí v Excelu. Tato práce mi tím pádem dala spoustu cenných zkušeností, které jistě ocením v budoucím profesním životě.

## Literatura

- [1] TOMAN, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jaroslava ORSÁGOVÁ, Martin PAAR a David TOPOLÁNEK. *Provoz distribučních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [2] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. ISBN 987-80-7225-291-6.
- [3] ČSN 33 2000-3. *Elektrotechnické předpisy elektrická zařízení: Část 3: Stanovení základních charakteristik*. 2. dopl. vyd. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1996.
- [4] VANĚK, Roman. *Problematika přechodových jevů souvisejících se zemním spojením v sítích 22kV*. Ostrava, 2006. Disertační práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava.
- [5] HAVELKA, Otto a Boleslav GROSS. *Elektrické přístroje*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [6] Odpojovač. In: *SPEL* [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <https://www.spel.cz/page/mosteploenergo>
- [7] Úsekové odpínače VN - fotogalerie. In: *VYBOJKY-ZAROVKY* [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.vybojky-zarovky.cz/odpinac348.html>
- [8] Dálkově ovládané úsečníky zvyšují spolehlivost dodávek elektrické energie v severních Čechách. In: *ČEZ* [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/1720.html>
- [9] Měřicí transformátor proudu. In: *Profi ElektriKa*: [online]. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/terminolog/merici-transformator-trafo-proudu>
- [10] Ing. KOSTKA, Ing. Tomáš a Ondřej TOPOLÁNEK. STŘEDNÍ ODBORNÉ UČILIŠTĚ TECHNICKÉ – HAVÍŘOV, SÝKOROVA 1. *Elektrotechnika II: Elektrické přístroje*. 2. vyd. Havířov, 2003. Dostupné z: [http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna\\_eltech/eti/el\\_pristroje.pdf](http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/eti/el_pristroje.pdf)
- [11] TŮMA, Jiří, Stanislav RUSEK, Zbyněk MARTÍNEK, Igor CHEMIŠINEC a Radomír GOŇO. *Spolehlivost v elektroenergetice*. Praha: Conte, 2006. ISBN 80-239-6483-6.
- [12] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [13] Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační, ve znění pozdějších předpisů.
- [14] Vyhláška č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, ve znění pozdějších předpisů.
- [15] Vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou, v platném znění.
- [16] Vyhláška č. 79/2010 Sb., o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení, ve znění pozdějších předpisů.
- [17] Vyhláška č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu.

- [18] *Vyhláška č. 82/2010 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny.*
- [19] PPDS 2017. *ČEZ Distribuce* [online]. 2017 [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2017.html>
- [20] *Pravidla provozování distribučních soustav: Příloha 2 Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí.* In: . Děčín: ČEZ Distribuce, 2016, PPDS 2016.

## Seznam obrázků

Obr. 1 Uspořádání elektrizační soustavy [1].....	2
Obr. 2 Paprsková síť nn a vn [2] .....	3
Obr. 3 Okružní síť nn a vn [2].....	3
Obr. 4 Mřížová zjednodušená síť [2].....	4
Obr. 5 Mřížová klasická síť [2] .....	4
Obr. 6 Schéma zapojení sítě TT 110 kV.....	7
Obr. 7 Systémy uzemnění ve vn soustavách [1].....	8
Obr. 8 Schéma zapojení sítě IT 22 kV.....	8
Obr. 9 Schéma zapojení sítě TN-C-S [3] .....	9
Obr. 10 Kloubový vypínač nn [5].....	10
Obr. 11 Olejový vypínač [5] Obr. 12 Maloolejový vypínač [5] Obr. 13 Tlakovzdušný vypínač [5] .....	11
Obr. 14 Maloolejový vypínač vvn r.v.1966 .....	12
Obr. 15 Rotační odpojovač vvn Obr. 16 Pantografický odpojovač vvn Obr. 17 Odpojovač vn [6] .....	12
Obr. 18 Úsečník s opalovacími růžky [7] Obr. 19 Úsečník se zhášecí komorou [8].....	13
Obr. 20 Dálkový odpínač.....	14
Obr. 21 Dálkový vypínač recloser .....	14
Obr. 22 Schéma zapojení PTP [9] Obr. 23 Přístrojový transformátor proudu vvn.....	15
Obr. 24 Schéma zapojení PTN [10] Obr. 25 Přístrojový transformátor napětí vvn.....	15
Obr. 26 Původní stav databáze.....	21
Obr. 27 Upravená databáze .....	21
Obr. 28 Program makra.....	22
Obr. 29 Chyby v databázi- nerozdělené sloupce .....	24
Obr. 30 Chyby v databázi- řádky bez napětí a času .....	25
Obr. 31 Průběh přerušení nad 3 min pro úsečník.....	33
Obr. 32 Průběh přerušení nad 3 min pro vodič vn .....	34
Obr. 33 Průběh přerušení nad 3 min pro kabel vn .....	34
Obr. 34 Průběh poruch nad 24 h pro úsečník .....	37
Obr. 35 Průběh poruch nad 24 h pro vodič vn .....	37
Obr. 36 Průběh poruch nad 24 h pro kabel vn .....	37
Obr. 37 Průběh poruch nad měsíc pro úsečník .....	39
Obr. 38 Průběh poruch nad měsíc pro vodič vn .....	40
Obr. 39 Průběh poruch nad měsíc pro kabel vn.....	40
Obr. 40 Příčiny poruch pro vn .....	42
Obr. 41 Příčiny poruch pro vodič vn .....	43
Obr. 42 Oblasti s poškozením vodiče vn pádem stromu .....	45
Obr. 43 Příčiny poruch vodiče vn přírodními vlivy.....	46
Obr. 44 Oblasti s poškozením vodiče vn bouřkou .....	47
Obr. 45 Příčiny poruch pro vodič vvn .....	48

## Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání sítí nn [1].....	6
Tab. 2 Čísla sloupců v databázi.....	22
Tab. 3 Zredukované sloupce .....	22
Tab. 4 Počet prvků vn .....	23
Tab. 5 Počet prvků vvn.....	23
Tab. 6 Počet chybných řádků vn .....	25
Tab. 7 Počet chybných řádků vvn .....	25
Tab. 8 Výsledné spolehlivostní parametry pro vn .....	28
Tab. 9 Výsledné spolehlivostní parametry pro vvn .....	29
Tab. 10 Srovnání spolehlivostních parametrů metodiky ČEZ s mou databází .....	31
Tab. 11 Počet dlouhodobých výpadků nad 3 min pro vn .....	32
Tab. 12 Počet dlouhodobých výpadků nad 3 min pro vvn .....	35
Tab. 13 Počet dlouhodobých událostí nad 24 h pro vn.....	36
Tab. 14 Počet dlouhodobých událostí nad 24 h pro vvn .....	38
Tab. 15 Počet dlouhodobých událostí nad měsíc pro vn.....	39
Tab. 16 Počet dlouhodobých událostí nad měsíc pro vvn .....	41
Tab. 17 Příčiny poruch pro vn .....	42
Tab. 18 Základní členění příčin poruch vodiče vn .....	43
Tab. 19 Příčiny poruch vodiče vn vlivem okolí a prostředí .....	44
Tab. 20 Oblasti s poškozením vodiče vn pádem stromu .....	44
Tab. 21 Příčiny poruch vodiče vn přírodními vlivy.....	45
Tab. 22 Oblasti s poškozením vodiče vn bouřkou .....	46
Tab. 23 Základní členění příčin poruch vodiče vvn .....	48
Tab. 24 Příčiny poruch vodiče vvn vlivem okolí a prostředí .....	48